
NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06273902 8









PAA.

PAA.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TROISIÈME SÉRIE.

1845.

A LEIPZICK,
CHEZ MICHELSEN.

IMPRIMERIE DE BACHELIER,
rue du Jardinet, nº 12.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

PAR

MM. GAY-LUSSAC, ARAGO, CHEVREUL, DUMAS,
PELOUZE, BOUSSINGAULT
ET REGNAULT.

Troisième Série.

TOME TREIZIÈME.

PARIS,
FORTIN, MASSON ET Cie, LIBRAIRES,
SUCCESSEURS DE CROCHARD,
PLACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE, N° 1.

IMPRIMERIE DE BACHELIER,
RUE DU JARDINET, N° 12.

1845.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

DE LA

VITESSE DU SON

ENTRE DEUX STATIONS ÉGALEMENT OU INÉGALEMENT ÉLEVÉES AU-DESSUS DU NIVEAU DE LA MER;

PAR MM. A. BRAVAIS ET CH. MARTINS.

I. — *Vitesse du son entre deux stations également élevées au-dessus de la mer.*

Les premières expériences sur la vitesse de propagation du son dans l'air entre deux stations, dont la différence de niveau est nulle ou peu considérable, sont dues à Mersenne et à Gassendi; elles furent ensuite répétées par un grand nombre de physiciens, parmi lesquels on distingue ceux de l'*Accademia del Cimento*, Robert Boyle, Bianconi, Flamsteed et Halley; mais la discordance des nombres obtenus par ces physiciens prouve suffisamment que les méthodes expérimentales n'étaient pas encore assez avancées pour qu'on pût obtenir des résultats exacts : aussi l'Académie des Sciences de Paris crut-elle de son devoir d'entreprendre des expériences pour déterminer exactement les lois de cette propagation. Une Commission fut nommée : elle se composait de Lacaille, Maraldi et Cassini de Thury, qui

s'adjoignirent plusieurs aides (1). L'Observatoire, la pyramide de Montmartre, le moulin de Fontenay-aux-Roses, le château de Lay furent les stations choisies par les académiciens. Dans les dernières expériences, ils y ajoutèrent le clocher de Dammartin. On tirait successivement le canon à l'Observatoire, à Montmartre et à Montlhéry. Les observateurs s'étaient proposé d'éliminer l'influence du vent en faisant partir alternativement de deux points des coups *réciproques* (2) et en adoptant pour mesure de la vitesse du son, dans un air calme, la demi-somme des deux intervalles observés à chaque station entre l'éclair et le son. Mais M. Arago fait remarquer avec beaucoup de raison (3) que, parmi tous ces coups, il n'y a que ceux des 14 et 16 mars 1738, entre Montlhéry et Montmartre, qui soient réciproques, si toutefois on peut appeler réciproques des coups tirés à trente-cinq minutes d'intervalle. Quant à ceux qui furent tirés à $9^h\,25^m$ et $9^h\,30^m$ du soir de l'Observatoire et de Montmartre les 14, 16 et 20 mars, ils ne donnent et ne peuvent donner qu'un résultat inexact, à cause du rapprochement des deux stations qui ne sont éloignées que de 5713 mètres. Pour mesurer l'intervalle qui s'écoulait entre le feu et le bruit du canon, les observateurs écoutaient les battements d'une pendule à secondes et se bornaient à estimer la demi-seconde. Ils notaient aussi la hauteur du baromètre et celle du thermomètre qui, pendant toute la durée des expériences, se tint entre 5° et $7^o,5$ cent. (4); mais ils n'avaient point de moyens pour estimer la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère. Toutefois la Commission a constaté que la vitesse du son est uniforme, qu'elle est la même par le beau temps et par la

---

(1) Sur la propagation du son, par M. Cassini de Thury. (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1738, page 128.)

(2) *Histoire de l'Académie des Sciences*, année 1738, page 2.

(3) *Connaissance des Temps* pour 1825, page 370.

(4) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1738, page 141.

pluie, de jour et de nuit, et quelle que soit la direction de la pièce d'artillerie. Elle a mis hors de doute l'influence de la direction et de la force du vent pour accélérer ou retarder la vitesse du son, renforcer ou diminuer son intensité. De l'ensemble de ses expériences, on déduit une vitesse moyenne du son de $332^{m},9$ par seconde dans l'air à zéro.

L'année suivante, Lacaille et Cassini firent quelques expériences entre Aigues-Mortes et Cette pour apprécier l'influence du voisinage de la mer et d'un climat différent (1). La distance des deux stations était de 43 574 mètres, mais les coups n'étaient pas réciproques. Le même reproche s'applique aux expériences que La Condamine fit à Quito, en 1740 (2), et à Cayenne, en 1744 (3). Il trouva la première fois 339 mètres; la seconde fois 357 mètres pour l'espace parcouru par le son en une seconde de temps. Cette grande vitesse du son dans un air dont la température était élevée aurait dû attirer l'attention des physiciens sur la nécessité d'avoir égard, dans ces expériences, à la température de l'air dans lequel le son se propage.

En 1778, Kæstner (4) employa le premier à Gœttingue un compteur à tierces et à arrêt pour mesurer l'intervalle de temps qui sépare l'éclair du son; mais Benzenberg, qui a suivi cette montre, nous apprend (5) que sa marche était très-irrégulière et qu'elle était influencée par le mécanisme de l'arrêt. En outre, les coups de canon n'étant pas réciproques, l'action perturbatrice du vent ne se trouvait pas éliminée. Pour ces deux motifs, ces essais doivent inspirer moins de confiance que ceux des académiciens français. Les expériences de Muller, faites également à Gœttingue,

(1) Sur les opérations géométriques faites en France dans les années 1737 et 1738. (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1739, page 119.)

(2) *Journal du Voyage fait par ordre du roi à l'Équateur*, tome I, page 98.

(3) Relation abrégée d'un voyage fait dans l'intérieur de l'Amérique. (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1745, page 488.)

(4) *Gœttingische Anzeigen von gelehrten Sachen*, année 1778, page 1145.

(5) *Gilbert's Annalen der Physik*, tome XXXV, page 385.

en 1791 (1), sont entachées des mêmes causes d'erreur. Celles d'Espinoza et de Bauza, faites à Saint-Jago du Chili, en 1794 (2), avaient pour but d'apprécier l'influence de la température qui oscillait entre 21 et 25 degrés centigrades. Mais les moyennes des quatre séries d'observations sont peu concordantes entre elles, et ne sauraient, par conséquent, inspirer une grande confiance aux physiciens.

Le 5 novembre 1809, Benzenberg (3) estima l'intervalle de temps qui s'écoulait entre l'éclair et le bruit de quinze coups de canon tirés de Dusseldorf à la distance de 4627 mètres. Le 2 et le 3 décembre de la même année, il s'établit dans le clocher de Ratingen, qui est éloigné de Dusseldorf de 9072 mètres. Il se servait d'une montre à arrêt et à tierces de Pfaffius, qui divisait le jour en dix millions de parties, et dont la marche avait été soigneusement étudiée. Le nombre des coups de canon observés s'élève à soixante.

Ces expériences seraient irréprochables, si les coups étaient réciproques. Elles avaient été faites par des températures assez basses, et Gilbert, en annotant (4) le Mémoire de Benzenberg, insiste sur la nécessité de tenir compte de la température et de la pression, en ayant recours à la formule de Newton qui donne la vitesse des ondulations dans un milieu élastique en fonction de la pesanteur terrestre, de la pression et de la densité du fluide. Cette remarque de Gilbert engagea Benzenberg à répéter ses expériences en juin 1811 (5). Dans trois séries successives, la température de l'air fut de 12°,0; 28°,0 et 28°,4. Le nombre total

(1) *Gœttingische Anzeigen von gelehrten Sachen,* année 1791, page 1593.

(2) *Annales de Chimie et de Physique,* 2e série, tome VII, page 93, année 1817.

(3) Versuche über die Geschwindigkeit des Schalls. (*Gilbert's Annalen der Physik,* tome XXXV, page 383, année 1810.)

(4) *Annalen der Physik,* tome XXXV, page 383, année 1810.

(5) Uber die Geschwindigkeit des Schalls bey hohen Temperaturen. (*Gilbert's Annalen der Physik,* tome XLII, page 1, année 1812.)

des coups s'élève à quarante. En comparant les expériences qu'il avait faites à diverses températures, Benzenberg put construire une Table empirique, qui donne la vitesse du son en une seconde sexagésimale par toutes les températures comprises entre o et 30 degrés. Le nombre qu'il a déduit de l'ensemble de ses observations pour l'espace parcouru en une seconde dans l'air à zéro, est $333^m,7$.

De juillet 1820 à novembre 1821, Goldingham (1), astronome à Madras, a observé plus de huit cents coups de canon tirés du fort Saint-George, et de la caserne d'artillerie du mont Saint-Thomas. En choisissant 91 intervalles de temps, estimés par un temps parfaitement calme entre l'éclair et le son, on trouve $331^m,0$ par seconde pour la vitesse du son dans l'air dont la température a été ramenée à zéro d'après la formule de Newton.

Ce court historique suffit pour montrer que les méthodes expérimentales employées pour arriver à une détermination rigoureuse de la vitesse du son n'avaient pas fait de progrès bien sensibles depuis les célèbres expériences de 1738. Les observateurs ne satisfaisaient point à la condition de la réciprocité des coups, dont les académiciens français avaient cependant fait ressortir toute l'importance. Les moyens de mesurer le temps avaient seuls été perfectionnés. De plus, Gilbert et Benzenberg avaient introduit les premiers l'élément de la température dans la réduction des observations, quoique Bianconi eût déjà prouvé en 1740 (2) que la vitesse du son était beaucoup plus grande dans un air à $35^\circ,0$, que dans l'air à $-1^\circ,5$. Pour mettre un terme à ces incertitudes, le Bureau des Longitudes nomma, en 1822, une Commission chargée de faire des expériences sur la propagation du son, et de vérifier ainsi la nouvelle détermination théorique que Laplace avait déduite des expé-

---

(1) *Poggendorff's Annalen der Physik,* tome V, page 486.

(2) *Della diversa velocita del suono in Venezia,* année 1746, et *Commentarii Bononienses,* tome II, pars 1, page 365.

riences de M. Gay-Lussac, sur la chaleur spécifique de l'air. Cette Commission se composait de MM. Prony, Bouvard, Mathieu et Arago, auxquels s'adjoignirent MM. Gay-Lussac et de Humboldt (1). Les stations choisies par les observateurs étaient Villejuif et Montlhéry, dont la distance, déterminée trigonométriquement par M. Arago, est de 18613 mètres. A chacune d'elles, il y avait une pièce de 6, servie par des artilleurs. Cinq chronomètres à arrêt de MM. Breguet servaient à mesurer le temps. M. de Prony avait un chronomètre sans arrêt, battant cent cinquante coups par minute. Le 21 juin 1822 au soir, les coups tirés à Montlhéry s'entendaient parfaitement à Villejuif, tandis que ceux de Villejuif arrivaient à Montlhéry tellement affaiblis, que sur les trois observateurs, deux et quelquefois un seul pouvaient les entendre. Cependant sept coups correspondants et tirés à cinq minutes d'intervalle furent entendus à chacune des deux stations. Le plus grand écart que les observateurs aient eu dans leurs estimations de l'intervalle entre l'éclair et le son d'un même coup, est de $0^s,4$ pour les deux stations. Le lendemain 22 juin, un seul des douze coups tirés à Villejuif fut entendu à Montlhéry par MM. Bouvard et Gay-Lussac; en sorte que les expériences de cette soirée n'ont rien ajouté à celles de la veille. Pendant toute la durée des expériences, on observait de cinq minutes en cinq minutes le baromètre, le thermomètre et l'hygromètre. Les sept couples de coups de canon réciproques et tirés à des intervalles de cinq minutes donnent, pour la vitesse du son dans l'air *sec* et à zéro, $330^m,8$, en adoptant 0,00366 pour le coefficient de dilatation de l'air, et la correction $0^m,57$ indiquée par Laplace (2) pour l'humidité de l'air.

(1) Résultats des expériences faites par ordre du Bureau des Longitudes pour la détermination de la vitesse du son dans l'atmosphère; par M. Arago. (*Connaissance des Temps* pour 1825, page 361.)

(2) Sur la vitesse du son, par M. de Laplace. (*Connaissance des Temps* pour 1825, page 372.)

Le célèbre rapporteur de la Commission insiste fortement sur la nécessité de tirer des coups de canon réciproques pour éliminer l'influence du vent. Il fait voir que l'idéal de ce genre d'expériences serait de tirer simultanément le canon aux deux stations, et prouve que, même dans ce cas, la demi-somme des intervalles de temps ne serait pas toujours nécessairement la mesure de la propagation du son dans un air tranquille. Ce furent sans doute ces motifs qui engagèrent MM. Moll et Van Beek à répéter ces expériences, en prenant toutes les précautions nécessaires pour que les coups réciproques fussent tirés à des intervalles aussi courts que possible (1). Le prince Frédéric des Pays-Bas mit à la disposition des deux savants quatre pièces d'artillerie de 6 et de 12. Plusieurs officiers et des étudiants de l'université d'Utrecht s'adjoignirent à eux pour les aider dans leurs expériences. Le temps était mesuré par deux chronomètres, dont la marche était bien connue. Les intervalles entre l'éclair et le son furent estimés au moyen de deux montres à tierces et à arrêt de Pfaffius, dont l'aiguille marquait directement un centième de seconde décimale (2). Dans ces montres, le pendule a un double mode de suspension, et décrit une surface conique dont le sommet est à la suspension. Au moment où l'on aperçoit le feu, on presse un ressort, l'aiguille part; puis à l'instant où le son arrive à l'oreille, on retire le pouce, et l'aiguille s'arrête. Les savants étaient, en outre, munis de baromètres, de thermomètres et d'hygromètres de Daniell. Une girouette indiquait la direction du vent. Ils choisirent dans la lande d'Utrecht deux collines, appelées, l'une la colline des Sept-Arbres (*Zevenbompjes*), que nous désignerons par A;

(1) Versuche über die Geschwindigkeit des Schalls gemacht in Holland. (*Poggendorff's Annalen der Physik*, tome V, pages 351 et 469.)—*Philosophical Transactions*, année 1824, page 424.)

(2) Ueber ein centrifugal Pendel. (*Gilbert's Annalen der Physik*, t. XVI, p. 494, année 1804.)

l'autre le *Kooltjesberg*, que nous appellerons B. La distance des deux stations est de 17669^{m},3. Elle fut calculée à l'aide de quatre triangles différents, qui s'appuyaient sur un triangle du travail géodésique de Krayenhoff (1). La plus grande différence entre les quatre déterminations de cette distance s'élève à 2^{m},45.

Les expériences furent instituées de la manière suivante ; Le 23 juin 1823, au soir, une fusée partit de la station A ; c'était le signal que tout était prêt à cette station. En réponse, une fusée fut tirée au point B, et apprit aux observateurs de la première station que ceux de la seconde étaient à leur poste ; puis, à 8^{h} 0^{m} 0^{s} du chronomètre de la station A, on tira un premier coup de canon, et un second à 8^{h} 5^{m} 0^{s} ; un troisième coup fut tiré simultanément aux deux stations à 8^{h} 10^{m} 0^{s}. Ces trois coups avaient pour but de mettre les deux chronomètres en rapport. Pour tirer à un instant précis, on agissait de la manière suivante : un officier tenait la mèche allumée au-dessus de la lumière du canon ; un autre avait le chronomètre sous les yeux, et tenait le bras du premier. Au moment précis où l'aiguille arrivait à la seconde convenue, il poussait le bras qui tenait la mèche, et le canon partait. Les chronomètres étant en rapport, les expériences commencèrent. On tirait un coup à la station des Sept-Arbres, et une seconde, ou tout au plus deux secondes après, on répondait par un autre coup à la station B. Mais les 23, 24 et 25 juin, les coups de la station A ne furent pas entendus à la station B, quoiqu'on se servît, les 24 et 25, d'une pièce de 12 chargée de 3 kilogrammes de poudre. Le 26, ce fut l'inverse ; les observateurs de la station A n'entendirent pas les coups tirés à la station B. Mais, le 27, il y eut vingt-deux coups réciproques ; et, le 28, il y en eut quatorze. L'intervalle

(1) *Précis des opérations géodésiques et trigonométriques en Hollande ;* par le général *Krayenhoff*.

moyen, observé entre l'éclair et le son de ces trente-six coups réciproques, donne, pour la vitesse du son dans l'air sec et à zéro, calculée avec le nouveau coefficient de dilatation, $332^m,25$. L'écart des résultats des deux séries du 27 et du 28 juin est de $0^m,66$. Si, au contraire, on calcule la vitesse du son par les trente-cinq coups non réciproques des 25 et 26 juin, on trouve que les moyennes vitesses du son conclues de chacune des deux soirées diffèrent de $6^m,35$. Ces chiffres suffisent pour mettre en évidence l'immense importance de la réciprocité des explosions.

Les expériences que nous venons de rapporter nous paraissent satisfaire à toutes les conditions d'exactitude qu'on est en droit d'exiger dans ce genre d'essais: 1° La base, exactement mesurée, excédait 17 kilomètres; 2° les coups réciproques étaient tirés à des intervalles d'une à deux secondes, et en nombre suffisant pour donner une moyenne exacte; 3° tous les instruments météorologiques nécessaires furent observés pendant toute la durée des expériences; 4° les compteurs avaient été comparés soigneusement à des chronomètres réglés par des observations astronomiques : toutefois ces compteurs eux-mêmes ne sont pas à l'abri de toute critique. L'aiguille, avons-nous dit, part au moment où l'on pousse un ressort. Il y a là nécessairement un temps perdu avant que cette aiguille se mette en mouvement; ce temps perdu ne peut être le même au moment où l'on arrête l'aiguille. Il n'y a donc point de compensation, comme dans les montres à arrêt ordinaires. Les compteurs à pointage de MM. Breguet sont complétement à l'abri de ces inconvénients; car le levier qui marque le point est tout à fait indépendant du mécanisme de la montre, et par conséquent sans influence sur la marche de l'aiguille à secondes. Il y a plus : comme on marque l'instant du phénomène en pressant un bouton avec le pouce, les retards sur cet instant ont toujours sensiblement la même valeur et se compensent sensiblement. Dans les montres employées par les observa-

teurs hollandais, l'arrêt et le départ se faisant par des mouvements musculaires différents, on peut se demander si ces deux mouvements ont la même instantanéité.

Après les mémorables expériences des physiciens français et hollandais, nous trouvons celles que Grégory fit à Woolwich en 1824 (1), pour apprécier l'influence du vent. Elles ne sauraient conduire à des résultats rigoureux, parce que les coups n'étaient pas réciproques, ni les distances assez grandes.

Quoique ces deux reproches puissent s'appliquer aux expériences entreprises dans l'Amérique du Nord par les navigateurs anglais pendant leurs hivernages, nous ne saurions cependant les passer sous silence; car elles montrent que la vitesse du son diminue toujours à mesure que le thermomètre baisse. Pendant le voyage de Francklin, le lieutenant Kendall (2) fit tirer quarante coups de canon les 31 octobre, 3, 5 et 14 novembre et 23 décembre 1825, sur les bords du grand lac de l'Ours, à des températures comprises entre $-2^{\circ},5$ et $-40^{\circ},0$. Les distances variaient entre 464 et 1 856 mètres. Il a cherché à tenir compte de l'influence du vent en l'estimant à l'aide d'expériences directes. Kendall trouva que la vitesse du son était de $331^{m},2$ à $-2^{\circ},5$ et de $313^{m},9$ à $-40^{\circ},0$ en une seconde.

Pendant son hivernage à Ingloolik et Winter-Island, Parry fit, avec ses lieutenants MM. Nyas et Fischer, dix-huit expériences sur la propagation du son (3). Sept ont été faites à des distances variant entre 878 et 1 629 mètres; onze autres à celle de 2 580 mètres : les coups n'étaient pas réci-

(1) An account of some experiments made in order to determine the velocity with wich the sound is transmitted in the atmosphere. (*Philosophical Magazine*, tome LXIII, page 401, année 1824.)

(2) Observations on the velocity of sound at different temperatures. (*Narrative of a second expedition to the shores of the polar see, by* John Franklin. *Appendix IV*.)

(3) *Appendix to captain Parry's Journal of a second voyage for the discovery of the* [illegible]*west passage in the years* 1821-1822 et 1823.

proques. Ils trouvèrent qu'à — 0°,7 le son parcourait 326m,1 par seconde, et seulement 300m,5 dans l'air à — 40°,7. Ces résultats sont loin de s'accorder avec ceux de Kendall. Dans sa troisième campagne, Parry répéta ces expériences au port Bowen, avec son lieutenant M. Foster (1). Le canon était à terre, et les observateurs sur la corvette mouillée à 3930 mètres du rivage. Ils estimaient l'intervalle de temps qui s'écoulait entre l'éclair et le son, au moyen de chronomètres de poche dont ils écoutaient les battements. Par un temps calme et une température de — 38°,5, ils trouvèrent une vitesse de 309m,2 par seconde.

II. — *Vitesse du son entre deux stations inégalement élevées au-dessus de la mer.*

Dans toutes les expériences que nous venons de rapporter, la différence de niveau des deux stations était nulle ou peu considérable. La théorie indiquait que la propagation du son dans un sens vertical, ou suivant une direction plus ou moins oblique, devait se faire avec la même vitesse que parallèlement à l'horizon.

On pouvait prévoir aussi que le son ascendant et le son descendant se mouvraient avec une égale rapidité. Toutefois, comme il est bon de vérifier par l'expérience les indications de la théorie, deux savants autrichiens, MM. Stampfer et de Myrbach, résolurent de mettre à profit les signaux de feu par lesquels on déterminait les différences de longitude de plusieurs montagnes du Tyrol pendant l'été de 1822 (2). Deux canons furent placés, l'un au Moenchstein, près de

(1) Experiments to determine the rate at wich sound travels at various temperatures and pressures of the atmosphere. (*Journal of a third voyage for the discovery of a north-west passage in the years* 1824-1825. *Appendix*, page 86.)

(2) Versuche von Stampfer und Myrbach. (*Poggendorff's Annalen der Physik*, tome V, page 496, et *Jahrbucher des Wiener polytechnischen Instituts*, tome VII, page 23.)

Salzbourg, l'autre sur l'Untersberg. La différence de niveau des deux stations est de 1364 mètrès, leur distance oblique de 9940 mètres. Ainsi la ligne parcourue par le son faisait avec l'horizon un angle de 7° 53'. M. Stampfer se tenait à la station supérieure, et observait à l'aide d'une pendule à secondes et d'un chronomètre ayant 4,7 battements par seconde. M. de Myrbach stationnait au Moenchstein, il était muni d'une pendule à secondes. Le 30 septembre 1822, treize coups furent tirés en bas et vingt coups en haut. Dans ces expériences, la vitesse du son ascendant ne diffère en moyenne de celle du son descendant que de $0^m,22$, et la demi-somme de ces deux vitesses dans l'air à zéro est de $332^m,96$ par seconde, en le calculant avec le nouveau coefficient de dilatation de l'air. Les savants autrichiens n'ont point observé l'hygromètre; mais si l'on suppose une humidité moyenne de 75 pour 100 à la température de 9°,4, le nombre obtenu se rapproche encore plus de celui des observateurs hollandais.

Désireux de répéter ces expériences, avec une différence de niveau plus considérable encore, nous nous étions pourvus de deux canons courts en fonte, vulgairement nommés *boîtes;* le poids de chacun d'eux était de 23 kilogrammes, et leur diamètre interne de 44 millimètres. Ils étaient percés d'une lumière, et pouvaient s'amorcer par le côté. L'une de ces pièces fut transportée au sommet du Faulhorn, haute montagne du canton de Berne; l'autre fut laissée au petit village de Tracht, près de Brienz et sur les bords du lac de même nom. La distance oblique des deux stations a été, en moyenne, de $9650^m,7$; leur différence de niveau de 2079 mètres, et l'inclinaison de la ligne parcourue par le son, de 12° 26'.

Pour mesurer l'intervalle de temps écoulé entre l'apparition de la lumière et la perception du son, nous possédions deux compteurs à pointage (les n°s 521 et 528), que M. Breguet avait eu l'obligeance de mettre à notre disposi-

tion. On sait que, dans ces instruments, la pression du pouce sur un bouton extérieur se transmet, par un ingénieux mécanisme, à un levier mobile, lequel, s'abaissant sur le cadran des secondes, y laisse un point noir indicateur de la seconde de temps et de sa fraction. Nous avions en outre une montre à arrêt de Jacob, portant le n° 180, et battant trois cent vingt coups par minute. Le mécanisme de ces montres a été décrit par son inventeur dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour le mois d'août 1830. Enfin, notre dernier instrument était un très-bon chronomètre (n° 63) de Winnerl, dont la marche diurne était de $+ 3^s,0$, et qui battait les demi-secondes.

Dans chacune des expériences faites à la station supérieure, les montres ou compteurs employés ont été, avant et après, comparés avec le chronomètre 63. A la station inférieure, cette comparaison n'a pu être faite à chaque soirée, mais le compteur 528, appartenant à cette station, a été mis en rapport, le 20 octobre au soir, avec le chronomètre, et dans des circonstances de température à très-peu près identiques avec celles des soirées d'observation.

Les premières expériences eurent lieu le 21 septembre soir ; ce fut pour nous une soirée d'essai dont nous supprimons ici les résultats. Le canon du Faulhorn était chargé avec 70 grammes de poudre, et celui de Tracht avec 75 grammes. Tous les coups furent entendus distinctement ; cependant le bruit du canon de la montagne arrivait jusqu'à Tracht très-affaibli : en conséquence, la charge de poudre fut augmentée à la station du Faulhorn et portée à 90 grammes. Depuis lors, la perception du son fut très-suffisante : le bruit s'entendit constamment d'une manière nette, et ne fut accompagné d'aucun roulement.

Les tableaux suivants donnent les résultats des observations des 24, 25 et 27 septembre au soir ; les durées de propagation inscrites aux deuxième, troisième et quatrième colonnes ont été préalablement corrigées de l'effet de la

marche diurne propre à la montre dont se servait chaque observateur.

Dans les soirées des 24 et 25, M. A. Bravais s'est servi de la montre n° 180, à la station supérieure ; mais l'arrêt de cette montre s'étant subitement dérangé dans la matinée du 27, M. Bravais employa, désormais, le chronomètre 63; il en écoutait les battements, les comptait en lui-même, et faisait l'estime des différences. M. Martins a constamment observé avec le compteur n° 521. Enfin, le troisième observateur, M. Camille Bravais, frère de l'un de nous, et placé à la station inférieure, avait en main le compteur n° 528.

Quelquefois l'on a aperçu, coup sur coup, deux feux distincts, celui de la bouche et celui de la lumière, lequel était nécessairement antérieur à l'autre. Ce cas échéant, il était impossible de retenir à temps la pression du pouce sur l'arrêt, et l'époque lue sur le cadran correspondait toujours à l'apparition du feu provenant de la lumière (1). Dans ce cas, l'intervalle de temps que l'on obtient se trouve être trop grand; mais nous avons eu le soin d'indiquer cette particularité sur nos registres, et cette cause d'erreur peut ainsi être éliminée; les cas de double feu sont désignés, dans notre tableau, par un double astérisque.

La température, la pression de l'air, la tension de la vapeur d'eau ont été mesurées au commencement et à la fin de chaque série. Les lectures barométriques que nous rapportons sont corrigées de l'erreur constante des instruments, et représentent la pression absolue. Toutes les observations de la station inférieure ont en outre été ramenées au niveau des eaux du lac de Brienz ($563^{m},9$); toutes celles de la station supérieure l'ont été au niveau du plan horizontal qui passe par le sommet de la montagne (2683 mètres).

---

(1) Il en était de même dans le cas où l'observateur écoutait les battements du chronomètre.

La tension de la vapeur a été mesurée aux deux stations, au moyen de psychromètres, et calculée par la formule

$$E = e' - 0,00085\,(t - t')\,B$$

(voyez la traduction française de la Météorologie de Kaemtz, page 78); enfin l'on s'est servi de la Table des tensions de la vapeur, récemment publiée par M. Regnault.

La température de l'air a été prise en tournant les thermomètres en fronde : la position de leurs zéros avait été vérifiée les 24 juillet et 2 septembre 1844. Au bas du tableau des expériences de chaque soirée, sont inscrites les moyennes relatives à chacune des colonnes de ce tableau. Dans les calculs de la moyenne durée de propagation, l'on a éliminé toutes les observations entachées par l'apparition d'un double éclair; heureusement ce cas s'est présenté assez rarement. On remarquera de plus que les six nombres marqués du double astérisque sont tous en excès sur la moyenne qui leur correspond au bas de la colonne. La valeur moyenne de cet excès est de $0^s,24$.

Enfin, nous faisons connaître l'état du ciel, la force du vent telle qu'elle a été obtenue au moyen de l'anénomètre de M. Combes, et sa direction, estimée d'après les azimuts bien connus des objets terrestres environnants. La station inférieure restait au nord 19 degrés est, par rapport à la station supérieure.

Tableaux *A*. EXPÉRIENCES SUR LA DURÉE DE LA PROPAGATION DU SO

Observations du 24 septembre 1844, soir.

ÉPOQUE du tir.	SON ASCENDANT.		SON DESCENDANT	STATION INFÉRIEURE.			STATION SUPÉRIEUR		
	A. Bravais.	Martins.	C. Bravais.	Température de l'air.	Barom. à 0 degré.	Tension de la vapeur.	Température de l'air.	Barom. à 0 degré.	Te d va
h. m. s.	s.				mm	mm		mm	
7.29.50	28,65**	"	......	+14°,4	713,0	9,7	+ 1°,2	552,75	4
7.38.35	......	......	28,9 (s.)	"	"	"	"	"	
7.43.40	28,35	28,41 (s.)	......	"	"	"	"	"	
7.53.25	"	28,31	......	"	"	"	+ 0,9	"	
8. 0 30	......	......	28,3	"	"	"	"	"	
8. 4.50	28,60	28,71	......	"	"	"	"	"	
8.18. 0	28,45**	28,96**	......	"	"	"	"	"	
8.24.45	......	......	28,85**	"	"	"	"	"	
8.28.30	28,15	28,41	......	"	"	"	"	"	
8.34 35	......	......	28,7	"	"	"	"	"	
8.39.35	28,55	28,76	......	+13,1	713,4	9,9	+ 0,9	552,95	4
Moyennes	28,41	28,52	28,63	+13,75	713,2	9,8	+ 1,0	552,85	4

Ciel clair, mais légèrement voilé ; quelques cirro-stratus.

Station inférieure. — Calme ; puis léger vent de nord à $7^h 45^m$, et légère bris de nord-nord-est à la fin.

Station supérieure. — Sud, variable au sud-sud-ouest, très-faible.

Observations du 25 septembre 1844, soir.

ÉPOQUE du tir.	SON ASCENDANT. A. Bravais.	Martins.	SON DESCENDANT C. Bravais.	STATION INFÉRIEURE. Tempéra-ture de l'air.	Barom. à 0 degré.	Tension de la vapeur.	STATION SUPÉR Tempé-rature de l'air.	Barom. à 0 degré.
h. m. s.	s.	s.			mm	mm		mm
7 - 18.40	28,58	28,51	......	+12°,9	715,9	10,65	+ 1°,4	554,75
7 - 35.40	.....	......	s. 28,85	"	"	"	"	"
7 - 43. 0	28,68	28,56	......	"	"	"	"	"
7 - 47.50	......	......	28,9	"	"	"	+ 0,9	"
7 - 52.40	28,78	28,64	......	"	"	"	"	"
7 - 58.35	.....	......	28,55	"	"	"	"	"
8 - 3.45	"	28,39	......	"	"	"	"	"
8 - 14.55	28,58	28,81	......	"	"	"	"	"
8 - 20.15	....?	......	28,45	"	"	"	"	"
8 - 25.50	28,63	28,75	......	+12,75	716,2	10,6	+ 0,7	554,9
Moyennes	28,65	28,61	28,69	+12,82	716,05	10,62	+0,95	554,82

Ciel à demi couvert de cumulus venant du sud-ouest, élevés de 4000 mè commencement des observations, et s'abaissant de manière à atteindre le somı Faulhorn vers $8^h 40^m$.

Station inférieure. — Calme.

Station supérieure. — A $7^h 48^m$ faible brise de nord; à $8^h 10^m$ vent varian cesse du sud-ouest à l'ouest; la vitesse par seconde est de $0^m,9$ à $8^h 10^m$; d à $8^h 18^m$; de $4^m,0$ à $8^h 22^m$, et de $2^m,6$ à $8^h 26^m$.

Observations du 27 septembre 1844, soir.

ÉPOQUE du tir.	SON ASCENDANT.		SON DESCENDANT.	STATION INFÉRIEURE.			STATION SUPÉRIEURE.		
	A. Bravais.	Martins.	C. Bravais.	Température de l'air.	Barom. à 0 degré.	Tension de la vapeur.	Température de l'air.	Barom. à 0 degré.	Tension de la vapeur.
h. m. s.	s.	s.	s.		mm	mm		mm	mm
7.19.40	28,35	28,53	......	+15°,9	718,0	11,5	+5°,2	557,75	5,4
7.25.30	......	......	28,45	″	″	″	+5,1	″	″
7.30 40	28,60**	28,48**	......	″	″	″	″	″	″
7.38.55	......	......	28,72	″	″	″	″	″	″
7.44.50	28,15	28,43	......	+16,2	″	″	″	″	″
7.50. 5	......	......	28,55	″	″	″	″	″	″
7.56.30	28,40	28,38	......	″	″	″	″	″	″
8. 2.30	......	......	28,35	″	″	″	″	″	″
8. 8.25	28,65	28,68	......	+16,0	″	″	″	″	″
8.14.15	......	......	28,35	″	″	″	″	″	″
8.20. 5	27,90	27,98	......	″	″	″	″	″	″
.26.35	......	......	28,9	″	″	″	″	″	″
.32.30	28,15	28,48	......	+16,1	718,1	11,15	+4,8	557,6	5,5
Moyennes	28,27	28,41	28,55	+16,07	718,05	11,33	+4,95	557,67	5,45

Ciel demi-clair, pommelé; cirro-cumulus venant du sud-ouest.

Station inférieure. — D'abord nord-est très-faible; à $8^h\,14^m$ et $8^h\,30^m$, faible vent d'est.

Station supérieure. — D'abord nord-nord-est faible; à $8^h\,30^m$ nord petit frais, avec une vitesse de $1^m,9$ par seconde.

Il nous reste à déduire la vitesse du son des nombres qui précèdent.

Dans le cas actuel, le chemin parcouru par le son ascendant était égal à 9 624^{m},2 (voyez la Note terminale), pour une différence de niveau de 2 116^{m},4. Celui que parcourait le son descendant était de 9 677^{m},3, pour une différence de niveau de 2 041^{m},5.

La moyenne entre les deux distances est 9 650^{m},7. Il est facile de transformer chaque durée observée, par exemple la durée 28^{s},7, en ce qu'elle eût été pour cette dernière distance. Pour le son ascendant, la correction à faire à la durée observée sera $+\ 28^{s},7\left(\frac{9650,7}{9624,2}-1\right) = +\ 0^{s},08$; elle serait de $-\ 0^{s},08$ pour le son descendant.

Appliquons ces corrections aux moyennes de chacune des soirées d'observation : prenons la demi-somme des deux moyennes fournies chaque soir par la station supérieure où résidaient deux observateurs ; enfin, désignons par la lettre K le rapport de la tension de la vapeur d'eau contenue dans l'air à la pression barométrique : nous aurons les résultats moyens renfermés dans le tableau suivant :

Tableau *B*. — *Durées moyennes de la propagation du son.*

JOUR.	DURÉE DE PROPAGATION.		DURÉE moyenne.	TEMPÉRATURE moyenne.	DURÉE réduite à 0 degré.	VALEUR moyenne de K.	DURÉE réduite à l'air sec à o degr
	Son ascendant.	Son descendant					
24 septembre.	28^{s},545	28^{s},55	28^{s},547	+ 7°25 C.	28^{s},922	0,0108	28^{s},982
25 septembre.	28,71	28,61	28,66	+ 6,77	29,010	0,0117	29,074
27 septembre.	28,42	28,47	28,445	+10,42	28,984	0,0126	29,053
Moyennes..	28,558	28,543	28,551	+ 8,17	28,972	0,0117	29,036
Vitesse par seconde.	337^{m},92	338^{m},10	338^{m},01	"	333^{m},11	"	332^{m},3

En comparant les deux marches ascendante et descendante du son, on voit d'abord qu'elles sont sensiblement égales entre elles. Les petites différences, variables d'un jour à l'autre, proviennent sans doute de l'action du vent qui soufflait pendant les observations. Du reste, cette action a toujours été de peu d'importance, et cet effet doit disparaître presque entièrement dans la moyenne générale des trois soirées.

Il paraît bien démontré, et par la théorie et par l'observation, que la vitesse du son est indépendante de la hauteur du baromètre : mais, tout en admettant cette loi, on pourrait penser que la transmission de l'onde sonore ascendante est modifiée, quant à sa vitesse, par le passage d'un air plus dense à un air moins dense ; la modification inverse devrait alors se présenter dans la transmission de l'onde descendante, et l'on s'en apercevrait aux différences constantes observées entre la vitesse d'aller et la vitesse de retour. Or, la différence $0^s,015$ entre les deux durées est si minime, qu'elle contredit entièrement cette manière de voir, qui d'ailleurs n'est pas fondée en théorie.

Quoi qu'il en soit, et lors même que la variation de densité du milieu traversé devrait modifier la vitesse du son, il suffirait, pour éliminer cette influence, de prendre la moyenne arithmétique entre les durées de propagation du son ascendant et du son descendant. On trouvera ces moyennes à la quatrième colonne du tableau *B*.

Pour tenir compte ensuite de l'effet de la température, nous avons supposé un décroissement régulier de cet élément depuis la station inférieure au niveau du lac de Brienz, jusqu'à la station supérieure, sur une échelle verticale de 2 119 mètres. Soit t la température moyenne ainsi obtenue : la réduction à 0 degré s'opérera en multipliant la durée observée par $\sqrt{1 + 0,00366\ t}$. Enfin, pour tenir compte de l'humidité renfermée dans l'air, il faudra diviser

les durées par $\sqrt{1 - 0{,}38\,K}$; le coefficient 0,38 exprime la différence de densité entre l'air sec et la vapeur d'eau.

La dernière colonne du tableau *B* montre que les résultats de chaque soirée s'accordent entre eux, à un dixième de seconde près. Les différences peuvent s'expliquer, soit par le défaut de simultanéité des coups réciproques, soit par un décroissement de température moins régulier que celui que nous avons admis; d'ailleurs elles ne dépassent guère ce que l'on peut attendre des erreurs inhérentes à ce genre d'observations.

Si l'on combine les durées moyennes que nous venons d'obtenir avec la distance $9650^{m},7$, on trouve, pour les vitesses de l'air en une seconde, les nombres inscrits dans la rangée inférieure du tableau *B*. Nous ferons remarquer que le résultat final $332^{m},37$ diffère bien peu de celui des observateurs hollandais Moll et Van Beek, dont les expériences donnent, après l'adoption du coefficient 0,00366, une vitesse de $332^{m},25$ par seconde.

Une dernière question se présente. Dans l'appréciation de la durée, peut-il intervenir une cause constante d'erreur, provenant de l'observateur lui-même? Il semble, au premier abord, que la personne qui presserait trop tard le bouton d'arrêt, à l'instant de l'apparition de l'éclair, devrait être en retard de la même quantité, au moment de l'audition du son. Mais cette conclusion paraîtra prématurée, si l'on réfléchit que l'organe affecté n'est pas le même dans les deux cas, ce qui rend possible l'existence d'*équations personnelles*. Pour vérifier ce soupçon, nous avons comparé les estimations simultanées de MM. A. Bravais et Martins, dans chacun des seize couples que ces estimations forment entre elles. Pour ce dernier observateur, la durée moyenne de l'intervalle excède de $0^{s},10$ la durée moyenne obtenue par son compagnon; et si l'on admet que la demi-somme des deux durées est la mesure exacte de l'intervalle, il en résulte des équations personnelles égales

à $\pm 0^s,05$. On peut donc craindre une erreur du même ordre sur la mesure de la durée faite à la station inférieure par le troisième observateur.

Quoi qu'il en soit, le résultat final de nos expériences sera le suivant : « Vitesse égale des sons ascendant et descendant, à raison de $332^m,4$ dans l'air sec et à la température de la glace fondante. »

NOTE ADDITIONNELLE.

Nous donnons dans cette Note les éléments et les principaux détails du calcul qui nous a fait connaître la longueur du chemin parcouru par le son, dans nos expériences.

Calcul des distances horizontales.

Le côté sommet Faulhorn-église de Brienz peut être calculé au moyen du triangle Faulhorn-Tannhorn-Brienz (église), dans lequel on connaît (1):

Angle au Tannhorn.....	$49^\circ 16' 0'',8$	
Côté Faulhorn-Tannhorn.	34429,5	pieds français.
Côté Brienz-Tannhorn...	11197,6	pieds français.
Le calcul donne, côté Faulhorn-Brienz...	$9231^m,6$.	

Le même côté peut être calculé au moyen du triangle Faulhorn-Rothhorn-Brienz, dans lequel on connaît (2) :

Angle au Rothhorn......	$11^\circ 8' 15'',1$	
Côté Faulhorn-Rothhorn.	40022,5	pieds français.
Côté Brienz-Rothhorn....	11923,5	pieds français.
Le calcul donne, côté Faulhorn-Brienz..	$9231^m,0$.	
La moyenne des deux résultats est.......	$9231^m,3$.	

Dans le triangle Faulhorn (sommet)-Brienz (église)-Tracht (belvédère), on connaît le côté Faulhorn-Brienz que nous venons de calculer, et les angles suivants que nous avons mesurés au théodolite :

Angle au Faulhorn...	$7^\circ 1' 15''$,
Angle à Tracht......	$74^\circ 28' 0''$;

(1) et (2) Ces éléments résultent des deux triangles n° 16 et n° 366 du Registre de la triangulation du canton de Berne, par l'ingénieur Wagner, Registre déposé aux archives de la ville de Berne.

on en conclut le troisième angle; l'excès sphérique, moindre que 1 seconde, peut être négligé. On trouve ensuite:

Côté Faulhorn-Tracht... 9475^{m},7.

Le belvédère de Tracht est la station d'*audition* du son descendant.

La station supérieure de tir ne coïncidait pas exactement avec le sommet du Faulhorn; la distance était de 24^{m},1. Avec les deux côtés 9475^{m},7 et 24^{m},1, avec l'angle compris 24° 23′ mesuré directement au théodolite, on trouve :

Côté canon Faulhorn-Tracht (belvédère)... 9458^{m},0.

C'est la distance *horizontale* parcourue par le son descendant.

Avec une base de 45^{m},9 mesurée sur un terrain plat, et dont une extrémité était au canon de Tracht, l'autre en un point auxiliaire, avec les angles à la base 81° 49′ 50″ et 69° 57′ 35″, mesurés au théodolite, on a trouvé, pour le côté opposé à ce dernier angle,

Côté canon Tracht-Tracht (belvédère)... 91^{m},22.

Avec les deux côtés 9475^{m},7 et 91^{m},22, avec l'angle compris 20° 31′, dont le sommet est au belvédère de Tracht (angle mesuré au théodolite) (1), nous trouvons :

Sommet Faulhorn-canon Tracht... 9390^{m},31.

Enfin, la station d'*audition* du Faulhorn était un peu écartée du sommet, à une distance de 5 mètres de ce sommet, et dans une direction qui déviait de 50 degrés de celle suivant laquelle l'observateur placé au sommet relevait le canon de Tracht. On en conclut :

Distance *horizontale,* son ascendant... 9387^{m},1.

---

(1) L'angle, dont le sommet est au canon de Tracht, a donné, à la mesure directe, 159° 16′.

Calcul des distances verticales.

Le sommet du Faulhorn est à 2 683^{m},0 sur la mer, et le lac de Brienz (dont le niveau varie à peine de 0^{m},5 dans la saison d'été) est à 563^{m},9 sur la mer, d'après la grande triangulation suisse (*Ergebnisse der Trigonometrischen Vermessungen in der Schweiz*); la différence 2 119^{m},1 serait l'écart vertical, si les stations supérieure et inférieure avaient été exactement situées à ces deux niveaux; mais la station inférieure était au-dessus du lac; la supérieure, au-dessous du sommet de la montagne. De là proviennent les corrections soustractives suivantes :

Son ascendant. — Le canon Tracht était à 1^{m},2 au-dessus du niveau du lac; les observateurs du Faulhorn étaient postés à 1^{m},5 au-dessous du sommet; on en déduit :

Chemin *vertical* du son ascendant... 2 116^{m},4.

Son descendant. — Le petit triangle auxiliaire entre Tracht (belvédère), canon Tracht, et le point auxiliaire déjà cité, triangle aux extrémités de la base duquel on a mesuré les angles de hauteur du belvédère de Tracht, a fait connaître que la station inférieure d'audition (belvédère de Tracht) était à 74^{m},1 au-dessus du niveau du lac. Le canon du Faulhorn étant à 3^{m},5 au-dessous du sommet de cette montagne, on a eu :

Chemin *vertical* du son descendant..... 2041^{m},5.

Calcul des distances obliques.

Son ascendant. — Avec les deux composantes du chemin, savoir, 9 387^{m},1 et 2 116^{m},4, en tenant compte de la courbure de la terre et de l'arc de 0° 5′ 4″ qui sépare les deux verticales, nous obtenons :

Son ascendant, distance oblique..... 9 624^{m},2.

Son descendant. — Avec les deux composantes 9 458^{m},0

et 2041^{m},5, en tenant compte de la courbure de la terre et de l'arc de 0° 5′ 6″ qui sépare les deux verticales, nous trouvons

Son descendant, distance oblique..... 9677^{m},3.

DE L'OXYDATION DES SUBSTANCES ORGANIQUES PAR L'ACIDE IODIQUE, ET DE L'INFLUENCE DES PETITES QUANTITÉS SUR LES RÉACTIONS CHIMIQUES;

PAR M. E. MILLON.

La morphine exerce une réduction caractéristique sur l'acide iodique et met l'iode en liberté. Sérullas, qui découvrit cette réaction, crut que la médecine légale y trouverait un utile moyen de déceler la morphine. Mais, plus tard, MM. Simon et Langonné ont reconnu que l'acide iodique pouvait être décomposé par la plupart des matières azotées: ainsi, l'urine fraîche, la salive, la liqueur provenant de l'ébullition d'un lambeau d'estomac, la fibrine, l'albumine, le gluten, le caséum et la levure séparent l'iode de l'acide iodique et détruisent ce dernier. MM. Laroque et Thibierge, qui ont repris ces expériences du point de vue médico-légal, ont eu lieu d'y ajouter de nouvelles remarques; ils ont reconnu que l'acide iodique n'est réduit, dans les circonstances précédentes, qu'autant qu'il est cristallisé ou dissous dans une petite quantité d'eau. MM. Laroque et Thibierge ont encore vu que l'acide iodique, en solution affaiblie, pouvait être réduit par les matières neutres azotées, si l'on ajoutait un second acide, par exemple l'acide acétique cristallisable, l'acide sulfurique, ou bien les acides citrique, tartrique et oxalique employés à l'état solide.

Un troisième acide pourrait encore, suivant MM. Laroque et Thibierge, empêcher l'action exercée par les acides précédents. Dans cette dernière catégorie se trouveraient

les hydracides, ainsi que les acides nitrique, benzoïque et borique, dont la présence arrêterait l'influence des acides acétique, citrique et tartrique. Si l'on ajoute à ces expériences quelques combinaisons de l'acide iodique avec les alcalis végétaux, constituant de véritables iodates, décrits par Sérullas, on se trouve avoir parcouru les rapports de l'acide iodique avec les substances organiques.

Je me propose, dans ce travail, de tracer d'une manière générale l'action oxygénante que l'acide iodique exerce sur les principes d'origine végétale ou animale. Comme cette oxydation se trouve très-souvent dérangée, et pour ainsi dire paralysée par la présence d'une quantité minime d'acide prussique, j'ai pris occasion de ces phénomènes, se produisant ici avec une parfaite netteté, pour caractériser certaines influences sur lesquelles j'ai déjà eu lieu d'insister plusieurs fois. Je veux parler de l'action chimique des petites quantités. Le fait se présente ici dans les conditions les plus favorables, et on peut y suivre très-bien cette marche particulière de l'affinité. Aussi, ai-je l'espoir d'être parvenu, dans plusieurs cas, à rattacher l'action des petites quantités aux phénomènes chimiques les plus réguliers.

Je me bornerai à indiquer les résultats les plus généraux de la combustion des éléments organiques effectuée à l'aide de l'acide iodique. Cette exposition sommaire aura pour but de faciliter l'application de l'acide iodique à l'étude particulière des métamorphoses organiques. Chacune de celles-ci prendra sans doute des développements étendus, car l'acide iodique n'est pas moins varié dans ses effets que les acides nitrique ou sulfurique, que la potasse ou le chlore; en un mot, que tous les réactifs chimiques doués d'une grande énergie; mais je ne pouvais, pour le moment, poursuivre une pareille œuvre qui demandera, comme tous les travaux exécutés à l'aide des réactifs précédents, un temps très-long et un concours nombreux.

J'exposerai d'abord l'oxydation de l'acide oxalique par l'a-

cide iodique. C'est un véritable type d'action dans lequel se dessinent avec sensibilité les influences les plus intéressantes que subit la combustion iodique. Ainsi, ce Mémoire comprendra :

1°. L'oxydation de l'acide oxalique par l'acide iodique;

2°. Les caractères généraux de la combustion des principes organiques par le même acide;

3°. La discussion des phénomènes chimiques qui ont pour point de départ de petites quantités de matière et qui influencent néanmoins des masses considérables.

§ I. — *De l'oxydation de l'acide oxalique par l'acide iodique.*

Les deux acides doivent être dissous dans l'eau; la quantité du dissolvant ne fait pas varier l'action d'une manière sensible, pourvu que la dissolution soit complète de part et d'autre. Dans une expérience qui fut faite comparativement sur deux mélanges contenant chacun 1 gramme d'acide oxalique et 8 grammes d'acide iodique, j'employai, d'un côté, 10 grammes, et, de l'autre, 100 grammes d'eau. L'action fut exactement la même, et durant vingt-quatre heures, les deux opérations marchèrent d'une manière parallèle.

Pour faire comprendre comment deux opérations peuvent ainsi être suivies et comparées d'une manière régulière, je dois dire que le produit constant et unique de la combustion de l'acide oxalique par l'acide iodique consiste en acide carbonique et en iode, comme l'indique l'équation suivante :

$$5\,C^2O^3, 3\,HO + IO^5 = 5\,C^2O^4 + I + 15\,HO.$$

L'iode se dépose dans la dissolution qu'il commence par colorer, et dans laquelle il maintient constamment la teinte qu'il communique à l'eau. L'acide carbonique se dégage et peut très-bien se recueillir et se mesurer à l'aide d'éprouvettes graduées disposées dans un appareil semblable à celui qu'employa Lavoisier quand il analysa l'air par le mercure.

La combustion de 1 gramme d'acide oxalique par 2 gram-

mes d'acide iodique exige de quatre à cinq jours pour être complète; mais, comme cette petite quantité fournit un volume très-considérable d'acide carbonique, l'action peut être suivie et appréciée d'heure en heure par la quantité de gaz qui se produit.

La proportion relative d'acide iodique n'exerce pas d'influence notable, pourvu que sa quantité suffise à la combustion complète de l'acide oxalique; mais il n'en est pas de même des influences de chaleur, de lumière et de contact.

Lorsqu'on agit par une température de + 18 à + 22 degrés, l'iode réduit n'apparaît qu'au bout de trois ou quatre heures, et la combustion de 1 gramme d'acide oxalique exige quatre à cinq jours pour être complète. Mais si l'on apporte quelque variation dans la température, aussitôt l'oxydation de l'acide oxalique en reçoit une modification profonde. Ainsi, à + 10 degrés, il ne s'était encore produit aucune action sensible après vingt heures de contact, tandis qu'à + 60 degrés, l'oxydation est si rapide qu'elle fait disparaître en quelques minutes 1 gramme d'acide oxalique. Il est bon de rappeler qu'à + 18 et + 22 degrés, la même quantité d'acide oxalique fournit un dégagement incessant d'acide carbonique durant quatre ou cinq jours.

Quant à l'action de la lumière, elle se fait sentir si vivement, que le mélange d'acide oxalique et d'acide iodique fournit une sorte d'instrument qui se met en rapport avec les moindres variations des rayons solaires.

Comme la rapidité ou le ralentissement de la réaction se traduisent par 1 volume d'acide carbonique qui se trouve toujours mesuré dans l'appareil indiqué plus haut, j'ai pu, en employant deux appareils jumeaux, noter facilement la part qu'il fallait faire à la lumière céleste.

Ainsi, en maintenant deux appareils à des températures égales et en les disposant de manière que l'un reçût l'action directe du soleil, tandis que l'autre en était abrité par du papier noir et des enveloppes métalliques, j'ai vu le premier

se colorer par l'iode en quelques minutes, dégager bientôt de l'acide carbonique, et, après trois heures, en fournir jusqu'à 40 centimètres cubes, tandis que du côté opposé l'iode apparaissait à peine et ne s'était encore accompagné d'aucun dégagement gazeux. Dans une autre expérience, deux appareils semblables, réglés depuis plusieurs heures, à la lumière diffuse, par une température de + 19 degrés, ont été séparés; l'un a été exposé aux rayons solaires, l'autre a été maintenu à la lumière diffuse : la température fut maintenue au même degré des deux côtés. L'appareil exposé au soleil produisit 72 centimètres cubes d'acide carbonique, tandis que l'autre n'en produisit que 6. Cette expérience avait été faite de 9 à 11 heures; la même expérience, faite de 11 heures à 1 heure, donna une différence plus grande encore : d'un côté, la quantité de gaz fut égale à 73 centimètres cubes, tandis qu'à la lumière diffuse, elle ne fut que de 4 centimètres cubes.

A la température de + 10 degrés, la lumière solaire suffit pour donner à la réaction une énergie égale à celle qu'on n'obtient à la lumière diffuse qu'avec une température de + 25 degrés. Il semble ainsi facile de réaliser des conditions dans lesquelles l'oxydation de l'acide oxalique serait assez indépendante de la température et devrait être rapportée surtout à la lumière solaire.

Une étude plus suivie des rapports de la lumière avec la réaction que je signale ne pouvait se faire sans entrer dans un ordre de connaissances spéciales qui s'éloignent de la chimie proprement dite. Je me suis contenté d'indiquer les phénomènes principaux, afin qu'ils puissent au besoin prêter leur secours aux recherches photométriques. On comprend l'intérêt que présente, de ce point de vue, une réaction chimique qui traduit sa relation avec la lumière par un dégagement gazeux. A l'aide de l'appareil que j'ai indiqué, le gaz se trouve mesuré en même temps qu'il se produit. Comme la coloration que l'iode communique au mélange des deux

acides impressionnés par la lumière pouvait soulever quelques difficultés, j'ai cherché si d'autres réactions chimiques ne pourraient pas présenter, comme l'oxydation de l'acide oxalique, l'avantage de fournir, sous l'influence des rayons lumineux, des gaz mesurables. Après quelques essais, j'ai trouvé que l'eau oxygénée pouvait satisfaire à ces indications.

Il suffit, pour la rendre propre à cet usage, de dissoudre du bioxyde de barium dans l'acide chlorhydrique très-dilué, jusqu'à ce que celui-ci renferme trois ou quatre volumes d'oxygène. Il est inutile de séparer le chlorure de barium qui se forme en même temps dans la liqueur. L'eau oxygénée ainsi obtenue ne dégage pas une seule bulle de gaz si le tube qui la contient est recouvert d'une enveloppe noire; tandis qu'un même tube, exposé à la lumière directe, donne naissance à un dégagement rapide d'oxygène, que la lumière solaire directe accélère encore beaucoup.

L'action de la mousse de platine sur la dissolution d'acide iodique et d'acide oxalique continue, dans un autre sens, les analogies qui viennent de s'offrir avec l'eau oxygénée. A une température où les deux acides n'agissent pas l'un sur l'autre, la mousse de platine provoque un dégagement presque immédiat d'acide carbonique. Lorsque deux mélanges sont disposés simultanément et arrivent à dégager l'un et l'autre la même quantité de gaz dans un même temps, si l'on ajoute d'un seul côté de la mousse de platine, la production d'acide carbonique y devient vingt-cinq et trente fois plus forte. Il se fait, d'une part, de 2 à 3 centimètres de gaz, tandis que, de l'autre, il s'en développe jusqu'à 60 et 90. J'ai calculé que la mousse de platine rendait l'action initiale soixante fois plus rapide.

J'ai cherché quelle pouvait être l'influence des surfaces dans cette action manifestement catalytique, et j'ai remplacé la mousse de platine par des feuilles de ce métal; j'ai introduit jusqu'à deux et trois feuilles très-minces, offrant chacune 84 centimètres de surface, mais le dégagement d'acide

carbonique ne fut pas sensiblement accru. Les feuilles se recouvrent d'une grande quantité de bulles qui s'étalent à leur surface et empêchent ainsi une action ultérieure, car l'acide carbonique ne se dégage pas en plus grande abondance.

La quantité de mousse de platine employée exerce une influence sensible sur la quantité de gaz, mais celle-ci n'est pourtant pas proportionnelle au poids. En employant, d'une part, 5 grammes, et, de l'autre, 10 grammes de mousse de platine, l'action a dû se représenter par 3 d'un côté, et par 4 de l'autre.

Le charbon de bois exerce une accélération très-sensible sur l'oxydation de l'acide oxalique. Cette accélération est très-vive au début, mais elle se ralentit bientôt et augmente seulement du double la quantité d'acide carbonique qui se produit sous l'influence de son contact.

Le phénomène catalytique qui se produit ici sous l'influence de la mousse de platine offre un intérêt extrême, en ce qu'il s'accomplit au sein de l'eau. L'étude spéciale que nous avons faite, M. Reiset et moi, des actions de cette nature nous portait à croire que la mousse de platine était surtout un corps de contact pour les opérations de la voie sèche. L'eau oxygénée offrait bien un cas particulier, mais on pouvait considérer jusqu'ici sa décomposition, par la mousse de platine, comme un fait exceptionnel. Lorsque la combustion de l'acide oxalique dissous par l'acide iodique en dissolution est provoquée ou accélérée à l'aide de la mousse de platine, on comprend quelle nouvelle extension peuvent encore recevoir les phénomènes chimiques dus au contact.

Il me reste à parler d'une influence toute particulière exercée par l'acide prussique sur l'oxydation de l'acide oxalique. Il suffit de quelques millièmes d'acide prussique pour arrêter complétement la combustion de l'acide oxalique par l'acide iodique. On porte vainement le mélange des deux acides à une température de + 60 ou 80 degrés, à laquelle

l'acide carbonique se dégage du mélange avec une véritable effervescence; l'acide prussique enraye l'action. 20 grammes d'acide iodique dissous dans une petite quantité d'eau, et 10 grammes d'acide oxalique ont été mélangés dans un petit ballon avec 50 grammes d'eau; il a suffi d'y ajouter 10 gouttes d'acide prussique contenant au plus 15 pour 100 d'acide anhydre, pour arrêter entièrement la réaction durant quinze jours. Au bout de ce temps néanmoins, l'influence de l'acide hydrocyanique fut épuisée, et l'iode apparut.

Cette influence de l'acide prussique se manifeste dans le plus grand nombre des combustions organiques effectuées par l'acide iodique; elle montre avec quelle puissance peuvent intervenir dans les réactions chimiques des substances indifférentes en apparence par leur nature et leur proportion. J'ai dû m'attacher à analyser une action aussi étrange, afin de la rapporter, comme je me suis déjà efforcé de le faire dans plusieurs cas analogues, aux effets ordinaires de l'affinité. Voici ce que l'analyse du phénomène a permis de reconnaître. L'oxydation de l'acide oxalique par l'acide iodique se compose de deux actions bien distinctes : 1° l'oxydation par l'acide iodique seul, c'est l'action initiale; 2° l'oxydation par l'acide iodique avec le concours de l'iode. La première de ces actions est infiniment petite, et se produit même en présence de l'acide prussique; la seconde est, au contraire, très-active, mais elle ne peut se développer au contact de l'acide prussique, et cela se conçoit; ce dernier fait disparaître, en effet, l'iode qui tend à se produire à la suite de la première action; il se forme du cyanure d'iode et de l'acide hydriodique, et j'ai pu constater, non sans quelque surprise, que l'acide iodique ne décomposait plus l'acide hydriodique en présence du cyanure d'iode.

Il était facile de prévoir que l'acide carbonique se produirait plus abondamment aux dépens de l'acide oxalique, lorsqu'on commencerait la réduction de l'acide iodique en précipitant un peu d'iode par quelques gouttes d'acide

hydriodique. C'est en effet ce que l'expérience a réalisé.

Dans deux expériences comparatives, cette précipitation de l'iode au sein du mélange a donné, dans les huit premières heures de la combustion, deux fois et demie plus de gaz.

§ II.—*Caractères généraux de la combustion des principes organiques par l'acide iodique.*

L'oxydation des substances organiques par l'acide iodique ne peut être tentée avec succès qu'autant qu'elles sont solubles dans l'eau. Ainsi, il faut éliminer les corps gras, les résines et les essences. Les substances dont j'ai suivi la réaction se partagent en trois classes bien distinctes : 1° celles qui s'oxydent à la manière de l'acide oxalique, c'est-à-dire avec lenteur, et dans la combustion desquelles on reconnaît l'influence bien tranchée de l'acide iodique agissant seul, ou bien de l'acide iodique agissant avec le concours de l'iode. Dans cette classe se rangent, à côté de l'acide oxalique, les acides formique, tartrique, méconique, citrique, lactique et mucique; là se trouvent l'amidon, la dextrine, le sucre de canne, le sucre de raisin, le sucre de lait, la salicine, la gomme; là se placent encore l'huile essentielle de pomme de terre et l'hydrure de benzoïle. Ce dernier composé se transforme en acide benzoïque. La combustion de la substance reçoit de l'acide prussique la même influence que la combustion de l'acide oxalique. Il suffit d'une très-petite quantité d'acide pour suspendre l'oxydation, même à une température de + 100 degrés, maintenue durant plusieurs heures.

L'oxydation des substances organiques qui appartiennent à cette classe est sensiblement influencée par la présence du platine, ou bien par l'intervention de la lumière. Si l'on excepte l'huile de pomme de terre et l'hydrure de benzoïle, dans toutes ces combustions, il se produit de l'acide carbonique, et, le plus souvent, la combustion est complète.

Ainsi, le sucre de canne est si bien brûlé à 100 degrés, que l'acide carbonique que l'on recueille représente rigoureusement le carbone du sucre : cette expérience fournit, avec un peu de soin, toute la précision d'une analyse organique. Avec la salicine, le sucre de lait, les acides tartrique et citrique, la combustion ne paraît pas se faire d'une manière aussi profonde, à moins qu'on n'emploie un grand excès d'acide iodique en solution très-concentrée.

Il faut ajouter encore que, dans cette première classe, la combustion ne s'effectue jamais qu'avec une extrême lenteur, même par une température de + 100 degrés, que je n'ai jamais dépassée dans toutes ces expériences.

Je dois citer ici quelques exemples : il ne faut pas moins de vingt-quatre à vingt-cinq heures d'une action non interrompue et maintenue à + 100 degrés, pour retirer de 1 gramme de sucre de canne tout l'acide carbonique qu'il peut produire, même en employant un excès d'acide iodique. L'acide citrique et le sucre de lait s'oxydent avec encore plus de lenteur; le sucre de raisin purifié apporte une résistance extrême à l'oxydation. On peut arriver par là à des distinctions intéressantes : ainsi, tandis que le sucre mou des diabétiques se brûle très-rapidement, le sucre dur et cristallisé, sécrété par les mêmes malades, s'entame à peine.

2°. Il convient de ranger dans une seconde classe les substances organiques qui s'oxydent malgré la présence de l'acide prussique. C'est à cette catégorie qu'appartiennent l'albumine, la fibrine, le gluten. Là se trouvent encore l'acétone, l'acide gallique, le tanin, la créosote et la morphine. Avec les quatre dernières substances qui viennent d'être citées, la combustion est si rapide, que l'on comprend qu'elle ne puisse être arrêtée par la présence de l'acide prussique. Avec l'acétone, il se forme un produit huileux tout particulier, dont la naissance ne s'accompagne pas d'un dégagement d'iode; là encore l'acide prussique ne peut être

d'aucune efficacité. C'est dans cette classe particulière que se présenteront d'abord les métamorphoses les plus curieuses à étudier. J'ai déjà tenté sur ce point quelques recherches qui me font espérer la découverte de produits très-dignes d'intérêt.

Il est nécessaire, dans toutes ces réactions, d'épuiser l'effet oxydant de l'acide iodique; on doit, pour cela, l'employer en excès; pour séparer ensuite la partie excédante, on ajoute de l'acide hydriodique tant qu'il se forme un dépôt d'iode. Les deux acides de l'iode se décomposent mutuellement, et la liqueur ne retient plus que le produit de nouvelle formation mélangé à l'iode que l'on sépare en filtrant et en chauffant ensuite quelques instants à + 100 degrés.

La manière dont l'albumine et le gluten réduisent l'acide iodique diffère sensiblement de la réduction exercée par la morphine, mais il n'en est plus de même quand il s'agit du tanin ou de l'acide gallique, et l'on peut dire que la réaction de trois substances, à savoir, le tanin, l'acide gallique et la morphine, se confond ici par l'aspect. Si l'on suit le rapprochement plus loin, on se rappelle que la coloration produite par la morphine sur les persels de fer est assez voisine de celle qui est obtenue avec de petites quantités d'acide gallique ou de tanin : ces trois principes peuvent, en outre, être dissous par l'alcool, bien qu'en proportion variable. Une dernière réaction caractéristique est fournie par la morphine, et pouvait la distinguer : on sait que cet alcali se colore fortement en rouge par l'acide nitrique; mais le tanin et l'acide gallique présentent encore une coloration analogue. Je ne voudrais certainement pas exagérer ces rapprochements, que je trouve déjà trop grands et trop nombreux; mais, tels qu'ils se sont produits, ils m'ont semblé tout à fait dignes d'être pris en sérieuse considération.

3°. Dans la troisième classe se placent les substances solubles qui ne sont pas attaquées par l'acide iodique; les acides camphorique, acétique et butyrique, ainsi que l'u-

rée, sont dans ce cas : l'acide acétique contenait, dans tous les échantillons que j'ai examinés, une petite quantité de matière étrangère, destructible par l'acide iodique. Il en était de même de l'acide butyrique qui m'avait été fourni par M. Pelouze. La gélatine et le corps hyaloïde de l'œil ne s'oxydent pas non plus à + 100 degrés par le contact prolongé de l'acide iodique. Ce n'est pas sans étonnement que l'on voit ces deux substances séparées de l'albumine et de la fibrine. On doit remarquer néanmoins que, tandis que l'albumine et la fibrine doivent être modifiées dans l'économie par un acte de combustion physiologique, la gélatine et le corps hyaloïde sont disposés de manière à y résister et à s'établir dans une sorte de permanence. Quant à l'urée, bien que son carbone et son hydrogène puissent se brûler dans quelques réactions énergiques, il est évident qu'elle a supporté l'effort de l'oxydation exercée par nos organes; on peut en dire autant des acides butyrique et acétique.

En résumé, il est constant que les substances organiques se brûlent par l'acide iodique avec lenteur, mais à peu près complétement, comme par une oxydation vitale. Les produits de sécrétion de l'économie, les produits brûlés, ainsi que les produits stables de nos organes, échappent au contraire à la combustion iodique. Sans attacher une importance particulière aux modifications que l'acide prussique exerce également sur les phénomènes de la vie et sur la force oxydante de l'acide iodique, je crois qu'il ne faut pas repousser ce parallélisme qui s'établit de lui-même. Je termine en faisant remarquer que les cyanures rouge et jaune de fer et de potassium n'apportent aucun obstacle aux combustions iodiques. On sait que ces deux sels sont également supportés à dose considérable par l'économie animale.

§ III. — *De l'influence des petites quantités sur les actions chimiques.*

Depuis que les règles simples de l'affinité tracent la mar-

che des phénomènes chimiques, on s'est habitué à suivre l'action réciproque de masses qui offrent entre elles une certaine relation de poids ou de volume. C'est bien certainement entre des quantités constantes et d'un rapport simple, que s'accomplissent les opérations les plus saillantes de la chimie. On comprend que les regards se soient fixés tout d'abord sur les faits de cette nature ; et l'on peut dire aujourd'hui que la détermination exacte des équivalents, bien qu'elle reçoive chaque jour des perfectionnements nouveaux, constitue l'œuvre la plus imposante de la statique chimique.

Toutefois, à côté de l'action réciproque des quantités équivalentes, il est facile de distinguer d'autres actions dans lesquelles la masse infiniment grande subit la loi de quantités infiniment petites. Lorsqu'une influence de cet ordre s'exerce sur un fait considérable, les esprits s'attachent sans peine à la solution du problème qui s'y trouve caché : c'est ainsi que la combustion incandescente des substances organiques, qui commence par une étincelle, et se propage ensuite incessamment, a été bientôt réduite, par l'analyse chimique, à un fait des plus élémentaires. Mais si le phénomène s'accomplit sur une échelle moins étendue, s'il se cache derrière la réaction plus apparente des masses, l'analyse est moins prompte à y pénétrer, et l'explication se fait désirer davantage.

Aujourd'hui, les actions chimiques qui relèvent manifestement de quantités très-petites sont peut-être innombrables, mais on se contente, pour ainsi dire, de les signaler. Le soin scrupuleux qu'on apporte à décrire la succession des actions chimiques ordinaires disparaît ici complétement. Une bulle d'oxygène provoque-t-elle la fermentation dans le jus exprimé du raisin? quelques gouttes de créosote préviennent-elles la putréfaction rapide qui va s'emparer des substances animales? On serait tenté de croire que cela suffit. La chimie ne paraît plus s'inquiéter du lien chimique de ces

phénomènes et de leur dépendance manifeste. Elle s'arrête là comme en face du virus qui infecte l'économie, comme en face du médicament dont quelques milligrammes agissent sur la maladie et la modifient salutairement.

Est-il donc impossible de faire pénétrer aussi l'analyse dans cette succession de phénomènes obscurs et délicats sans doute, mais d'une nature chimique incontestable? Je ne le pense pas. La transformation lente et successive de l'oxamide en oxalate d'ammoniaque, au contact de quelques millièmes d'un acide énergique, a fourni, depuis longtemps, un exemple encourageant. On y voit le premier terme de la réaction engendrer régulièrement tous les autres, et propager avec simplicité la conversion complète. J'ai cherché, dans plusieurs travaux, à saisir les actions de cette nature, à en distinguer toutes les phases; je me suis convaincu qu'on pouvait toujours les rattacher, par une analyse suffisante du phénomène, aux règles les plus simples de l'affinité. Ainsi, la conversion du chlorate de potasse en iodate par l'iode qui déplace le chlore, non plus à l'aide de la voie sèche, comme l'a fait M. Wöhler, mais en présence même de l'eau, et à la faveur de quelques gouttes d'un acide énergique; la production de l'éther nitrique, en prévenant, par un peu d'urée, la formation de l'acide nitreux; l'influence de ce dernier acide sur l'oxydation des métaux par l'acide nitrique; l'action oxydante de l'acide iodique suspendue par quelques gouttes d'acide prussique; ce sont là autant d'exemples qui prouvent l'influence des petites quantités. Malgré la marche assez singulière de ces réactions, elles s'expliquent, elles s'enchaînent, elles se rattachent aux opérations normales de l'affinité. Je termine par un fait d'un ordre entièrement nouveau, qui montre que les petites quantités exercent leur influence dans les directions les plus variées. J'ai reconnu, en suivant des recherches dont je présenterai très-prochainement les résultats à l'Académie, qu'il existe bien certainement deux oxydes de mercure de même composition, mais

de propriétés distinctes. Ces deux oxydes, l'un rouge, l'autre jaune, donnent naissance à deux séries très-étendues d'oxydo-chlorures isomères entre eux, et d'où l'on dégage facilement l'un ou l'autre oxyde. Dans l'une de ces deux séries on peut, à volonté, produire un oxydo-chlorure noir qui correspond à l'oxyde rouge, ou bien un oxydo-chlorure rouge de même composition, qui correspond à l'oxyde jaune. Ces deux oxydo-chlorures très-différents s'obtiennent avec les mêmes réactifs, employés dans la même proportion. Le mélange simple des réactifs produit constamment l'oxydo-chlorure rouge; mais ajoute-t-on une petite quantité d'oxydo-chlorure noir au mélange qui doit réagir, c'est l'oxydo-chlorure noir qui se forme à la place du rouge.

Cette marche particulière des phénomènes chimiques est tout à fait digne de fixer l'attention. Il faut considérer que les réactions ne s'exécutent pas seulement entre des masses équivalentes, mais qu'elles subissent encore la loi des petites quantités. Une petite quantité pousse à l'action des masses énormes, ou bien les condamne à l'inertie. Il faut donc s'attacher à découvrir par quelle liaison chimique on prévient le développement énergique d'affinités secondaires, dès qu'on s'oppose à la réaction initiale. Il faut suivre pas à pas une action petite, mais réitérée, qui transforme et soumet, avec le temps, une masse infinie. En se familiarisant d'abord avec ces réactions dans des circonstances simples où les termes, peu nombreux et bien définis, permettent d'attribuer à chaque réactif la part qui lui revient, on arrivera sans doute à découvrir, pour les métamorphoses les plus obscures, l'enchaînement qui se perd aujourd'hui dans la complexité des phénomènes organiques.

MÉMOIRE SUR UN NOUVEAU GENRE DE SELS, OBTENU PAR L'ACTION DE L'HYDROGÈNE SULFURÉ, SUR LES ARSÉNIATES;

PAR MM. BOUQUET ET CLOEZ.

L'étude des produits qui se forment quand on fait agir l'acide sulfhydrique sur les arséniates solubles a été déjà faite par M. Berzelius, dans le Mémoire qu'il a publié, en 1826, sur les sulfarséniates.

Cet illustre chimiste a vu que, dans ce cas, l'acide sulfhydrique s'empare de l'oxygène de l'arséniate et que le soufre s'y substitue; de sorte qu'après la réaction, on a un nouvel arséniate dans lequel tout l'oxygène est remplacé par du soufre.

M. Berzelius donne ce procédé de préparation des sulfarséniates comme le plus convenable pour obtenir ces produits à un état de saturation bien déterminé.

Il nous a été donné de voir, dans une réaction tout à fait analogue, que le remplacement de l'oxygène par le soufre ne suit pas exactement la marche indiquée par le chimiste suédois. Nous avons reconnu qu'il y a, en quelque sorte, un temps d'arrêt dans la réaction, et nous avons pu isoler un sel parfaitement cristallisé et correspondant, par sa composition, aux arséniates. Il en diffère cependant en ce point, que son acide renferme à la fois du soufre et de l'oxygène, indépendamment de l'arsenic qui en est le radical.

Voici dans quelle circonstance ce sel prend naissance : on sature à froid de l'eau distillée avec du biarséniate de potasse, et on y fait passer un courant rapide d'hydrogène sulfuré; la liqueur, qui d'abord reste transparente, ne tarde pas à jaunir, puis à précipiter en jaune. Au bout de quelques instants, on voit s'y former des cristaux blancs, qui ga-nt le fond du vase où s'opère la réaction; quand il s'est

formé une certaine quantité de cristaux, on ajoute un peu de potasse, de manière à rendre la liqueur légèrement alcaline, et on continue à faire passer de l'hydrogène sulfuré, jusqu'à ce que le sulfure d'arsenic, de jaune qu'il était, ait pris une teinte grise. On arrête alors le dégagement du gaz, on filtre la liqueur et on fait cristalliser dans le vide.

Les cristaux qui se forment sont toujours salis par une poudre d'un jaune sale; on les en débarrasse par plusieurs lavages et décantations.

On emploie, pour les premiers lavages, l'eau mère elle-même, on achève avec de l'eau pure.

Le sel est peu soluble, il est beaucoup plus dense que la poudre qui l'accompagne; ces lavages se font avec la plus grande facilité.

On comprime ensuite les cristaux entre plusieurs doubles de papier buvard, pour les débarrasser de l'eau dont ils sont imprégnés, et on achève leur dessiccation dans le vide.

Nous n'avons jamais pu empêcher la production de la poudre jaune qui accompagne notre sel pendant sa cristallisation; de plus, ce sel est très-instable en présence de l'eau et ne peut être dissous et soumis à une seconde cristallisation sans qu'il se décompose. Il s'en sépare alors du soufre, et la liqueur refuse de cristalliser.

Nous avons vu, dans un grand nombre de préparations de ce produit, qu'en opérant sur un litre de solution saturée de biarséniate de potasse, il faut faire passer de l'hydrogène sulfuré pendant près de trois heures pour obtenir une quantité notable de produit.

Nous devons dire néanmoins que l'on n'obtient jamais une grande quantité de sel, eu égard à celle de l'arséniate que l'on emploie.

Comme, par la nature de sa préparation, le sel pouvait être mêlé de matières étrangères, nous avons toujours fait précéder le choix du sel destiné à l'analyse par un examen microscopique qui nous indiquait sa pureté. Nous avons,

de plus, pris la précaution de le pulvériser et de le soumettre, dans le vide, à une longue dessiccation.

Ce sel contient, au nombre de ses éléments, de l'arsenic, du soufre, de l'oxygène, de la potasse et de l'eau; chacun de ces corps a été dosé séparément. Nous allons décrire les procédés employés et les résultats obtenus.

Nous avons déterminé l'arsenic par deux procédés: 1° par celui de M. Berthier; 2° par le sulfure d'arsenic.

Le premier de ces procédés, qui est connu déjà depuis longtemps, est, que nous sachions, le seul qui permette de séparer exactement l'acide sulfurique de l'acide arsénique. C'était là précisément le cas où nous nous trouvions.

Nous attaquions notre sel par l'eau régale, qui transformait le soufre en acide sulfurique, l'arsenic en acide arsénique; on y ajoutait une solution de sesquioxyde de fer contenant une quantité de fer connue, et bien plus que suffisante, pour former, avec l'acide arsénique présumé, un arséniate de fer très-basique. Par l'addition de l'ammoniaque, on précipitait l'arséniate basique de fer et l'excès de sesquioxyde. L'acide sulfurique restait, dans la liqueur, à l'état de sulfate d'ammoniaque.

Nous donnons les résultats obtenus dans deux analyses faites par ce procédé:

	I.	II.
Sel employé........	0,513	0,855
Fer............ ...	0,468	0,679
D'où sesquioxyde...	0,6748	0,979
Précipité calciné....	0,971	1,473
Acide arsénique....	0,2962	0,494
Arsenic pour 100...	37,69	37,67

Dans le procédé par le sulfure d'arsenic, on traitait d'abord le sel par une petite quantité d'eau régale à l'ébullition; il s'en séparait un globule de soufre. On évaporait la liqueur avec précaution pour chasser la plus grande partie des acides; on réduisait enfin l'acide arsénique en acide arsénieux, à l'aide de l'acide sulfureux, ainsi que l'a conseillé M. Persoz.

La solution précipitée par l'hydrogène sulfuré, le sulfure d'arsenic produit était lavé par décantation et recueilli dans une petite capsule tarée avec soin; on le desséchait d'abord dans le vide, puis dans l'étuve de M. Gay-Lussac, à une température de 140 à 150 degrés, jusqu'à ce que deux pesées consécutives donnassent le même poids.

Nous avons pu nous convaincre que le sulfure obtenu par ce procédé était toujours du sulfide arsénieux ArS^3; pour plus de certitude, nous l'analysions lui-même; il suffisait de doser le soufre, nous avions l'arsenic par différence.

Nous avons obtenu, dans une expérience, les nombres suivants :

Sel employé....	0,744
Sulfure d'arsenic......	0,471

La proportion d'arsenic contenue dans cette quantité de sulfure, calculée d'après la formule

$$ArS^3,$$

est de 0,2868 = 38,5 pour 100.

En oxydant le sulfure par un mélange de nitre et de carbonate de soude, nous avons obtenu 1,330 de sulfate de baryte, contenant soufre 0,183; d'où arsenic, 0,288 = 38, 70 pour 100.

Pour déterminer le soufre, on oxydait le sel à l'aide d'un mélange de nitre et de carbonate de soude, tous les deux bien exempts de sulfates; le tout était projeté dans un creuset de platine chauffé au rouge. Le résidu salin, traité par un excès d'acide chlorhydrique, était porté à l'ébullition et précipité par le chlorure de barium.

Trois expériences faites chacune sur 1 gramme de matière ont donné les nombres suivants :

	I.	II.	III.
Sulfate de baryte.	1,160	1,180	1,161
Soufre pour 100.	16,00	16,20	16,00

Il nous est arrivé de chercher à doser le soufre à l'aide

des liqueurs dans lesquelles nous cherchions l'arsenic, par le procédé de M. Berthier. Dans ce cas, nous avions un globule de soufre, que nous séchions à 100 degrés, jusqu'à ce que son poids fût constant.

Nous avons eu les résultats suivants :

Sel.............	1,849
Sulfate de baryte...	0,585
D'où soufre	0,0802
Soufre directement.	0,2180
Soufre pour 100...	16,12

Le dosage de la potasse se compliquait, dans nos analyses, par la présence de l'arsenic, dont il fallait se débarrasser ; de là, la nécessité d'avoir toujours de grandes quantités de liqueurs à évaporer.

Ce sel était attaqué par l'acide nitrique, qui en séparait le soufre ; l'acide arsénique formé était réduit par l'acide sulfureux et on précipitait l'acide arsénieux par un courant d'acide sulfhydrique. On filtrait, et la liqueur, ainsi que les eaux de lavage du sulfure d'arsenic, étaient évaporées ; on dosait enfin la potasse à l'état de sulfate :

	I.	II.	III.
Sel employé.........	0,809	0,480	0,744
Sulfate de potasse...	0,355	0,208	0,330
Potasse pour 100....	23,72	23,40	23,95

L'extrême instabilité de notre sel en présence de la chaleur ne nous a pas permis de doser l'eau par une perte de poids, après calcination. Il nous a fallu recourir à un procédé qui nous permît de la doser directement. Nous l'avons recueillie dans un tube à chlorure de calcium, comme cela se pratique pour une analyse organique.

Comme, en outre, notre sel, par sa décomposition au feu, donne divers produits solides et volatils, tels que de l'arsenic métallique et du sulfure d'arsenic, nous avons interposé entre le tube à chlorure et le sel à analyser, une colonne de cuivre réduit par l'hydrogène, qui retenait ces divers corps.

L'opération était, au reste, conduite et terminée comme une analyse organique.

Trois expériences faites chacune sur 1 gramme de sel nous ont donné les nombres 9,4 ; 9,2 ; 9,8.

Nous devons à l'obligeance de M. Ebelmen la connaissance d'un procédé d'analyse qui nous a permis, comme moyen de contrôle, de doser l'oxygène de notre sel.

Ce procédé, décrit par M. Ebelmen dans le tome XVI des *Annales des Mines*, a été appliqué, par lui, avec le plus grand succès à la détermination du degré d'oxydation du fer, dans le Mémoire qu'il a publié, en 1839, sur la réduction des minerais de fer dans les hauts fourneaux.

Depuis, M. Ebelmen, sans rien changer aux principes sur lesquels était fondé son procédé, y a apporté quelques modifications, qu'il a bien voulu nous communiquer avec une bienveillance et un empressement qui nous font un devoir de lui en témoigner toute notre reconnaissance.

Voici en quoi consiste ce procédé : on fait bouillir de l'eau dans un matras de verre, à fond plat, jusqu'à ce que tout l'air ait été chassé par la vapeur d'eau. On retire le feu et l'on fait arriver dans le matras un courant d'acide carbonique, que l'on entretient constamment, afin d'empêcher la rentrée de l'air pendant le refroidissement.

On fait ensuite arriver dans le même matras, sans interrompre le dégagement d'acide carbonique, un courant d'acide sulfureux que l'on obtient en portant à l'ébullition une solution d'acide sulfureux, placée dans un ballon muni d'un tube de verre deux fois recourbé.

Quand le gaz qui s'échappe du matras sent fortement l'acide sulfureux, on y fait arriver, à l'aide d'un tube recourbé et adapté à un très-petit ballon, le gaz chlore produit par l'action de l'acide chlorhydrique pur et bien exempt de chlore, sur un mélange de quantités connues de bichromate de potasse fondu et du sel à analyser.

On reconnaît que l'opération est terminée quand l'at-

mosphère du petit ballon a perdu la couleur jaune-verdâtre que lui donne le chlore, ou, plus sûrement, quand on a porté à l'ébullition le mélange oxydant. On évite facilement l'absorption qui pourrait avoir lieu par la condensation des vapeurs d'acide chlorhydrique, en soulevant le tube adducteur du petit ballon, de manière qu'il n'arrive qu'à la surface du liquide dans lequel il plonge.

Arrivé à ce point, on enlève le ballon qui dégage l'acide sulfureux, puis celui qui contient le mélange d'acide chlorhydrique, de bichromate de potasse et du sel à analyser; et sans interrompre le dégagement d'acide carbonique, on porte rapidement l'eau du matras à l'ébullition pour chasser l'acide sulfureux.

Il est indispensable, pour la réussite de ce procédé, que l'acide sulfureux soit toujours en excès, relativement au chlore.

La principale réaction se passe dans le petit ballon, où se trouve la matière à analyser avec le bichromate de potasse et l'acide chlorhydrique. Les seuls éléments susceptibles d'oxydation dans le sel qui fait le sujet de cette étude sont le soufre et l'arsenic; le chlore qui se dégage à l'état naissant les fait passer à l'état d'acide sulfurique et d'acide arsénique. Mais, comme on emploie toujours un excès de bichromate, il se produit un excès de chlore qui vient oxyder l'acide sulfureux en dissolution dans l'eau du matras.

Avec ces données, on pourra facilement déterminer l'oxygène contenu dans le sel.

Ainsi on pourra calculer la quantité d'oxygène prise par l'arsenic, le poids de ce dernier corps étant connu.

L'oxygène, fixé sur le soufre du sel que l'on analyse, sera déduit de la quantité de sulfate de baryte obtenu.

Enfin, l'oxygène combiné à l'acide sulfureux sera déterminé également à l'aide d'un précipité de sulfate de baryte; mais de la quantité totale, on ne prendra que le tiers,

l'acide sulfureux n'ayant pris que cette quantité d'oxygène pour passer à l'état d'acide sulfurique.

Tout l'oxygène, ainsi obtenu, représentera celui du sel, plus celui provenant de l'action oxydante du chlore. Or, cette quantité de chlore est précisément équivalente à la moitié de l'oxygène contenu dans l'acide chromique du bichromate de potasse; c'est ce que démontre l'équation suivante :

$$2(CrO^3),KO + 7\,HCl = KCl + 7\,HO + Cr^2Cl^3 + 3\,Cl.$$

Il suffira donc de prendre un poids connu de bichromate de potasse, et l'on saura quelle quantité d'oxygène on aura introduite dans l'analyse. Il faudra alors retrancher cette quantité d'oxygène du poids total déduit des expériences ; la différence indiquera la quantité contenue dans la matière analysée.

Le bichromate de potasse qui a servi à nos expériences contenait une petite quantité de sulfate, ce qui nous a obligés à faire quelques corrections dans nos analyses.

Nous avons déterminé expérimentalement, par le procédé indiqué plus haut, la quantité d'oxygène que dégageait le bichromate de potasse employé; nous sommes arrivés presque aux résultats obtenus par le calcul.

100 de bichromate de potasse pur contiennent, dans l'acide chromique, 31,68 d'oxygène. Comme la moitié seulement de cet oxygène agit, 100 de bichromate ne donnent, en réalité, que 15,84 d'oxygène.

L'analyse du bichromate employé nous a donné les nombres suivants :

0,403 de bichromate ont donné 0,9175 de sulfate de baryte, contenant oxygène $\frac{0,1887}{3} = 15,60$ pour 100.

Nous allons exposer les résultats analytiques de deux expériences: chaque analyse a été faite avec 1 gramme de sel et 3 grammes de bichromate. Nous avons obtenu les

nombres suivants :

Oxygène de l'acide arsénique...............	20,35	20,35
Oxyg. de l'ac. sulfurique du mélange oxydant.	12,40 (1)	15,83 (2)
Oxyg. de l'ac. sulfur. de la solut. sulfureuse..	27,01 (3)	23,97 (4)
	59,76	60,15
3 grammes de bichromate donnent oxygène...	47,52	47,52
Différence...	12,24	12,63

Le rapport le plus simple que l'on puisse déduire des analyses précédentes entre les éléments de ce sel est le suivant :

	Trouvé.	Rapport.	Calculé.	
Ar......	38,02	1	38,26	940,08
S.......	16,10	2	16,37	402,32
O.......	12,43	3	12,21	300,00
KO.....	23,69	1	24,01	589,92
Aq......	9,50	2	9,15	225,00
			100,00	2457,32

Ce rapport peut être interprété par trois formules différentes, que nous allons discuter brièvement, avant de passer à l'histoire des propriétés de ce sel.

1°. Si l'on prend trois fois la quantité indiquée plus haut, on pourra écrire la formule suivante :

$$2\,(ArO^5,KO) + ArS^5, KS + 6\,HO.$$

Sous cette forme, le sel serait constitué par une combinaison d'arséniate et de sulfarséniate de potasse. Mais, si telle était la constitution de ce sel, on devrait, en le traitant par un acide, en précipiter du sulfure d'arsenic, ce qui n'a pas lieu. Le sel en solution, traité par un acide, laisse précipiter une poudre d'un blanc sale, insoluble dans l'ammoniaque, et que nous avons reconnue pour être du soufre.

Cette épreuve nous semble assez décisive pour qu'on doive rejeter cette formule.

2°. La seconde formule représenterait ce sel comme un

(1) Sulfate de baryte... 0,603
(2) Sulfate de baryte... 0,770
(3) Sulfate de baryte... 3,940 d'où oxygène $\frac{81045}{3}$ = 27,01.
(4) Sulfate de baryte.... 3,496 d'où oxygène $\frac{71912}{3}$ = 23,97.

arséniate de potasse contenant, à la place de l'eau de cristallisation de ce dernier sel, de l'hydrogène sulfuré.

L'arséniate de potasse a pour formule

$$ArO^5,KO + 2HO.$$

La seconde formule serait

$$A\,O^5,KO + 2HS.$$

Ce serait un sel dans lequel le sulfide d'hydrogène remplacerait l'oxyde d'hydrogène. Cette seconde supposition a plus de valeur que la première ; elle peut s'appuyer d'abord sur les circonstances de la formation du produit, puis sur l'analogie si bien démontrée du soufre et de l'oxygène.

Mais nous ne croyons pas que telle soit la véritable constitution du sel ; car, si l'on précipite un sel de plomb par une solution du sel que nous étudions, on a un précipité qui reste blanc pendant deux heures au moins ; il devrait, dans la supposition précédente, devenir noir immédiatement : car, en précipitant un sel de plomb par un arséniate, l'eau de cristallisation de l'arséniate est mise en liberté ; ici, ce serait de l'acide sulfhydrique qui devrait immédiatement réagir sur le sel de plomb, et le précipiter à l'état de sulfure.

3°. La troisième formule, à laquelle nous donnons la préférence, admettrait, dans ce sel, l'existence d'un acide nouveau, analogue, en composition, à l'acide arsénique, mais contenant, outre son radical, du soufre et de l'oxygène.

On a pour le sel de potasse la formule

$$ArO^2S^3,KO + 2HO.$$

Nous exposerons, en écrivant l'histoire de ce sel, les raisons qui nous ont engagés à donner la préférence à cette dernière manière de voir.

Sans préjuger en rien le nom que les progrès ultérieurs de la chimie pourront assigner à ce nouvel acide, et désirant seulement lui en donner un qui permette de ne pas le

confondre avec ceux déjà connus, nous proposons celui d'*acide sulfoxiarsénique*.

Le sulfoxiarséniate de potasse est blanc, cristallisé en petits prismes, qui peuvent quelquefois atteindre la longueur de 1 ou de 2 centimètres (1); il est peu soluble dans l'eau; nous n'avons pu déterminer directement le degré de cette solubilité; car le sel en solution se décompose bientôt, en laissant précipiter du soufre; cette décomposition s'opère même quand on concentre la liqueur dans le vide.

Cependant, si la solution est un peu alcaline, si, de plus, elle est saturée, on peut encore obtenir une cristallisation dans le vide. Le sel n'est pas, à la vérité, entièrement préservé de la décomposition; mais une partie y échappe et peut cristalliser.

Le sel séché est complétement inaltérable au contact de l'air.

Mais, si l'on élève la température, il donne, en se décomposant, des produits très-complexes.

Vers 170 degrés, il laisse dégager toute son eau et jaunit sans se fondre.

Chauffé à la flamme de la lampe à alcool, il fond, perd son eau et laisse dégager du sulfure d'arsenic, puis de l'arsenic qui vient se sublimer à la voûte de la cornue en cristaux brillants.

Dans le résidu rouge-brun qui reste au fond de la cornue, nous avons trouvé du sulfate de potasse, et un sulfosel contenant un des sulfures d'arsenic. Ce résidu paraissait contenir aussi une trace d'arséniate de potasse.

Si l'on fait dissoudre une certaine quantité de sel dans l'eau distillée froide, la liqueur reste transparente pendant quel-

(1) Pendant le séjour que M. Mitscherlich vient de faire à Paris, nous avons eu occasion de lui communiquer les principaux résultats de ce travail. Il a bien voulu se charger de l'examen cristallographique de notre sel.

ques minutes ; bientôt elle se trouble et prend un aspect opalin. A l'ébullition, la décomposition du sel est complète ; il se dégage des traces d'acide sulfhydrique, et il se dépose une poudre jaune, qui quelquefois devient brune ; l'analyse de cette poudre nous a démontré que ce n'était que du soufre.

La liqueur qui surnage le dépôt, claire au moment de sa filtration, se trouble bientôt après. Elle paraît contenir un sulfosel, car l'acide chlorhydrique en précipite du sulfure d'arsenic.

Enfin, si à la liqueur ainsi traitée par l'acide chlorhydrique on ajoute de l'acide sulfhydrique, on a instantanément un précipité de sulfure d'arsenic, ce qui semble indiquer dans la liqueur la présence d'un arsénite.

La solution ne contient point de sulfate.

Si nous insistons sur cette décomposition du sel en présence de l'eau, c'est que nous croyons que l'explication de ce fait jettera quelque jour sur la constitution du produit qui fait l'objet de cette étude.

En effet, la facile altération du sulfoxiarséniate de potasse, et la grande facilité avec laquelle il se sépare de ses deux équivalents de soufre, peuvent bien faire admettre qu'au premier moment de sa décomposition, il se dédouble en soufre et arsénite de potasse :

$$ArO^3S^2,KO = ArO^3KO + 2S.$$

On aura donc du soufre et de l'arsénite de potasse en présence.

L'acide arsénieux est un acide faible et ne sature pas complétement la potasse, car la liqueur a une réaction alcaline au papier ; de sorte que si l'on veut admettre que le soufre puisse agir sur la potasse de l'arsénite, comme si elle était à peu près libre, on aura l'explication de ces phénomènes en apparence si compliqués.

La potasse et le soufre en présence de l'eau forment un polysulfure et un hyposulfite ; nous ferons remarquer d'a-

bord que la liqueur essayée ne contient pas de sulfate; s'il s'est formé un polysulfure, il aura sulfuré et dissous à mesure l'acide arsénieux : de là la formation d'un sulfarsénite; enfin, comme il y a peu de soufre, une partie de l'acide arsénieux doit échapper à la sulfuration.

Cette explication, bien que purement théorique, nous semble si bien en accord avec les faits, que nous n'hésitons pas à la présenter comme vraie.

L'action de l'acide chlorhydrique va nous fournir un argument nouveau en faveur de la constitution du sulfoxiarséniate de potasse telle que nous la présentons.

Quand on fait bouillir une solution de ce sel avec l'acide chlorhydrique exempt de chlore, il se sépare immédiatement du soufre à l'état pulvérulent; en continuant l'ébullition, ce soufre se rassemble en un globule que l'on peut peser.

Trois expériences nous ont donné ainsi une quantité de soufre qui représentait, à $\frac{1}{2}$ pour 100 près, la quantité totale déterminée par des expériences plus rigoureuses.

Ces globules étaient du soufre pur; car chacun d'eux, pulvérisé et traité par l'ammoniaque, ne lui a point cédé de sulfure d'arsenic.

Si l'acide chlorhydrique par sa seule présence détermine la séparation de tout le soufre, il ne doit plus y avoir dans la liqueur que de l'acide arsénieux.

C'est, en effet, ce qui a lieu; car, si l'on a employé peu d'acide chlorhydrique, et si la liqueur est concentrée, on a souvent une cristallisation d'acide arsénieux.

La solution du sel, après l'ébullition avec l'acide chlorhydrique, précipite immédiatement en jaune par l'hydrogène sulfuré; l'acide arsénique ne donne pas un précipité immédiat par ce réactif.

Enfin, si à cette solution décomposée par l'acide chlorhydrique on ajoute du sulfate de cuivre et quelques gouttes de potasse pure, on voit s'y former bientôt un précipité vert : c'est le vert de Schéele.

La décomposition de l'acide sulfoxiarsénique en soufre et acide arsénieux nous semble démontrer jusqu'à l'évidence la vérité de l'hypothèse que nous présentons pour la constitution de cet acide.

La séparation du soufre, si nette et si complète aussitôt que cet acide se trouve libre, paraît être son caractère le plus saillant, et nous aurons bientôt l'occasion d'y revenir.

Les acides sulfurique, nitrique, etc., agissent sur le sel de la même manière.

On sait depuis longtemps que, quand on précipite un arséniate soluble par le nitrate ou l'acétate de plomb, l'arséniate de plomb précipité entraîne avec lui une certaine quantité de l'un ou l'autre des deux sels de plomb ci-dessus nommés.

Le même fait s'est présenté quand nous avons cherché à préparer le sulfoxiarséniate de plomb avec ces sels; nous avons alors eu recours au chlorure de plomb, qui nous a donné un précipité blanc exempt de chlorure de plomb.

Ce précipité reste blanc pendant quelque temps; ainsi on peut le laver à l'eau froide pendant deux ou trois heures, sans que sa couleur s'altère; mais bientôt il se colore et finit, au bout d'un ou deux jours, par devenir tout à fait noir.

Si avant cette altération, on traite ce précipité en suspension dans l'eau, par quelques gouttes d'acide sulfurique pur, et si l'on filtre la liqueur après quelques minutes de contact, on a une liqueur acide qui ne précipite pas les sels de baryte et qui bientôt se trouble et laisse déposer du soufre.

Nous avions évidemment en solution l'acide sulfoxiarsénique; mais sa prompte altération ne nous a pas permis de le concentrer, ni même d'étudier ses propriétés à l'état d'isolement, car son existence est éphémère.

Nous avons déjà parlé de la grande analogie de composition qui existe entre l'arséniate et le sulfoxiarséniate de

potasse ; la comparaison des formules respectives de ces deux sels démontrera complétement cette analogie :

Le biarséniate de potasse....	ArO^5, $KO + 2HO$.
Le sulfoxiarséniate de potasse.	ArO^2S^3, $KO + 2HO$.

Nous avons vu aussi qu'à 170 degrés le sel que nous avons étudié perdait complétement son eau et se décomposait.

Si maintenant on veut se rappeler l'analogie si grande qui existe entre l'acide arsénique et l'acide phosphorique, et celle que nous avons essayé d'établir entre l'acide arsénique et l'acide sulfoxiarsénique, on ne trouvera peut-être pas téméraire une conséquence théorique que nous chercherions à déduire de cette comparaison.

Pour nous, les deux équivalents d'eau de notre sel sont de l'eau basique, et l'acide sulfoxiarsénique est un acide tribasique, comme l'acide phosphorique.

Cette propriété n'a pas été démontrée, il est vrai, pour l'acide arsénique, mais elle est très-probable ; quelques expériences, que nous nous proposons de continuer, nous portent à croire que l'acide arsénique peut présenter, dans son état d'hydratation, les mêmes phénomènes que l'acide phosphorique.

Une autre considération théorique nous semble présenter peut-être un plus haut degré d'importance.

Nous pensons que l'acide sulfoxiarsénique, intermédiaire, par sa composition, entre l'acide et le sulfide arsénique, n'est pas le seul composé qui puisse rattacher ces deux acides l'un à l'autre.

Nous croyons à l'existence d'une série semblable à celle que le beau travail de M. Regnault sur les éthers chlorés nous a fait connaître.

Cette série, dont trois termes seulement sont connus, en demande encore trois autres pour être complète ; il est probable que des recherches dirigées dans ce sens combleront cette lacune.

On peut la formuler de la manière suivante :

$Ar\ O^5$..... acide arsénique.
$Ar\ O^4\ S$...
$Ar\ O^3\ S^2$.. acide sulfoxiarsénique.
$Ar\ O^2\ S^3$..
$Ar\ O\ S^4$..
$Ar\ S^5$.. sulfide arsénique.

En terminant l'exposé de cette étude, il nous reste un devoir à remplir. Nous avons reçu pendant le cours de ce travail, de nos maîtres MM. Regnault, Pelouze, et surtout de MM. Ebelmen et Frémy, des encouragements et des conseils qui ont beaucoup facilité notre tâche. Nous sommes heureux de pouvoir en donner ici un témoignage public de reconnaissance.

EXTRACTEUR A DISTILLATION CONTINUE ;

PAR M. PAYEN.

Les appareils propres à déterminer les propriétés physiques et la composition élémentaire des corps se sont tellement perfectionnés entre les mains des célèbres chimistes de notre époque, qu'ils semblent ne plus rien laisser à désirer. Il n'en est pas de même des appareils et ustensiles destinés à l'extraction ou à la séparation des principes immédiats ; aussi, les travaux entrepris dans cette voie sont-ils presque toujours lents, difficiles et dispendieux.

Ces inconvénients sont plus particulièrement sentis lorsqu'il s'agit, par exemple, d'extraire d'une substance organisée la totalité des principes solubles dans l'éther, l'alcool, ou d'autres véhicules volatils et d'un prix plus ou moins élevé.

Il faut, en effet, beaucoup de temps et de soins minutieux pour opérer, avec ces liquides, des filtrations, lavages à épuisement et des distillations successives, afin d'isoler les principes dissous et de reprendre une partie du dissolvant ; l'action de l'air, d'ailleurs, outre les pertes

qu'elle occasionne, vient parfois compliquer les résultats en donnant naissance à de nouveaux produits.

Ces difficultés disparaîtront si l'on fait usage de l'appareil simple et facile à diriger, que j'ai disposé dans la vue de les résoudre.

Au moyen de l'*extracteur à distillation continue,* on réalise les conditions d'un épuisement spontané, en évitant les transvasements à l'air et réduisant aux proportions les plus minimes le temps absorbé par les manipulations, la dépense des réactifs, ainsi que les chances d'erreurs résultant de l'impureté de ceux-ci et de la déperdition des produits extraits.

On comprendra sans peine les avantages de cet appareil en examinant sa construction ; il se compose d'un ballon A, *fig.* 1, *Pl. I,* surmonté d'une allonge B ; la pointe effilée de celle-ci entre jusqu'à la moitié de la profondeur du ballon. Les parties supérieures de ces deux vases communiquant entre elles par un tube latéral *cd*, l'ensemble du système offre deux capacités closes ; il était donc nécessaire de pourvoir aux dilatations et contractions des gaz et vapeurs ; telle est la fonction du tube de sûreté à triple effet E, dont la première boule *f* condense d'ailleurs une portion des vapeurs et fait retomber le produit liquide dans l'allonge.

Lorsqu'on veut se servir de l'*extracteur* pour épuiser par l'éther ou l'alcool une substance, en concentrant tous les produits des lavages, on garnit le col de l'allonge avec un tampon de fil de coton (1) ; on remplit sa panse aux deux tiers de la hauteur, avec la substance en poudre sèche, on verse dessus le liquide, en quantité suffisante pour mouiller toutes les parties, remplir les interstices, filtrer dans le ballon et le remplir à moitié. On assujettit alors les bou-

---

(1) Lavé préalablement, ainsi que tous les bouchons, avec les mêmes liquides.

chons à l'embouchure de l'allonge et à la tubulure du ballon ; on fait plonger la moitié de celui-ci dans un bain-marie d'eau H. L'appareil reste maintenu dans sa position verticale à l'aide d'un support ordinaire qui embrasse le col du ballon.

Le bain-marie, recouvert d'une plaque en deux parties, est chauffé par une lampe à alcool I, dont la mèche peut être tellement abaissée, que la température de l'eau, indiquée par un thermomètre, soit entretenue de 38 à 40 degrés centésimaux.

L'éther dans le ballon est ainsi porté et maintenu en ébullition, sa vapeur s'élève et se condense en partie dans le tube latéral; le liquide résultant de cette condensation retombe distillé sur la substance que contient l'allonge; l'excès de vapeur et l'air dilaté se dégagent par le tube de sûreté, mais une partie de la vapeur se condense dans les trois boules, dont la première verse immédiatement son liquide dans l'allonge et concourt à l'épuisement de la substance. Afin de régulariser la filtration, on place à la superficie bien nivelée de la substance pulvérulente trois disques de diamètres gradués, en papier à filtre.

La concentration de la solution filtrée s'opère continuellement dans le ballon; elle alimente la distillation qui fournit également, d'une manière continue, l'éther épuré à la substance qui s'épuise par une filtration incessamment reproduite.

On parvient sans peine à régler pour plusieurs heures consécutives la température utile à cette sorte de circulation spontanée.

Je citerai un exemple qui fera bien comprendre les avantages de la méthode et de l'appareil.

2 décilitres de bois en poudre ont été lavés pendant trente heures sans interruption avec un demi-litre d'éther et sans occuper, pour la surveillance de l'opération à différentes reprises, plus d'une heure de temps.

Il eût fallu, pour obtenir les mêmes effets en opérant sur un filtre à l'air, employer au moins 5 litres d'éther, opérer plus de dix rectifications, y consacrer presque tout son temps durant trois jours, respirer constamment la vapeur d'éther et risquer quelques chances d'incendie.

On peut facilement modifier cet *extracteur* dans les formes et les dimensions de ses parties; il peut être utile, comme je l'ai presque toujours fait, de placer l'allonge dans une cloche renversée, *fig.* 2, afin de mettre de l'eau froide dans l'intervalle entre les deux vases. Une modification du tube de sûreté, indiquée *fig.* 1 *bis*, rend l'usage de cet appareil plus commode; elle permet d'ajouter le dissolvant par ce tube, et de faire rentrer dans l'allonge le liquide condensé dans les boules : il suffit pour cela de refroidir un peu le ballon.

L'épuisement continu, au moyen de l'alcool, peut être rendu plus économique en échauffant le bain-marie au moyen d'une lampe à huile, *fig.* 3, dont le niveau soit constant; la flamme et la distance seront réglées de façon à entretenir la distillation de l'alcool sans dégagement sensible de vapeur au travers du tube de sûreté.

On pourrait même placer le bain-marie sur un foyer ordinaire où l'on brûlerait du charbon ou tout autre combustible usuel, mais alors il faudrait consacrer beaucoup plus de temps à surveiller l'appareil et diriger le feu.

L'emploi de l'extracteur à distillation continue me semble destiné à rendre plus faciles et moins dispendieuses diverses opérations des laboratoires; on s'en servira quelquefois avec avantage pour épuiser certaines matières par l'eau distillée; dans ce cas, on remplacerait par de l'huile ou une solution saline (1), l'eau du bain-marie.

Il est enfin probable que la facilité avec laquelle on pourra extraire ainsi les matières grasses et résineuses, les

(1) La solution de chlorure de zinc, par exemple, dont le degré d'ébullition varie à volonté suivant la densité qu'on lui donne.

huiles essentielles, etc., permettra d'étudier ces substances, même dans les organismes et les produits naturels qui n'en renferment que de faibles proportions.

MÉMOIRE SUR L'ENDOSMOSE ;

PAR MM. CH. MATTEUCCI ET A. CIMA.

Ayant été chargé d'un Cours sur les phénomènes physico-chimiques des corps vivants (1), j'ai été amené à faire une étude très-minutieuse du phénomène de l'endosmose. Malgré le grand nombre des expériences faites par le savant physiologiste qui a découvert ce beau phénomène, il faut avouer que son application à la physiologie n'est pas plus avancée dans ce moment qu'elle ne l'était à l'époque où M. Dutrochet en fit la découverte. On s'était, en général, borné à varier les circonstances purement physiques du phénomène, telles que la densité des deux liquides, leur nature, la température, etc.; nous avons dirigé nos recherches sous le point de vue physiologique, et nous avons, par conséquent, opéré sur différentes membranes animales; nous avons principalement insisté sur la disposition de la membrane relativement aux deux liquides. Nous avons employé les membranes prises sur des animaux vivants ou récemment tués, et nous les avons comparées, dans leur action, aux membranes altérées par la putréfaction ou desséchées.

Ces recherches ont été longues et minutieuses, et ce n'est qu'en répétant et en variant les expériences que nous avons pu parvenir à un petit nombre de résultats bien constants et qui nous semblent de quelque intérêt.

Les instruments que nous avons employés ne diffèrent en rien des endosmomètres de M. Dutrochet. Toutefois, nous ferons remarquer que dans toutes nos expériences nous avons fait agir en même temps deux endosmomètres dont

(1) La traduction de ce Cours en français paraîtra incessamment chez MM. Fortin et Masson.

les tubes avaient exactement le même calibre, divisés en millimètres, et dont le diamètre interne était de 3 millimètres. Dans un vase de cristal assez grand pour pouvoir contenir les deux instruments, nous avions placé une espèce de soutien sur lequel était solidement fixée une lame métallique percée d'un grand nombre de petites ouvertures. C'est sur cette lame qu'on disposait les deux endosmomètres, et afin qu'ils ne pussent changer de place, on les chargeait d'une grosse lame de plomb, ayant deux ouvertures dont le diamètre était égal à celui du col des instruments. Dans l'un des endosmomètres, la membrane était constamment disposée en sens inverse de l'autre; de sorte que, en faisant, par exemple, usage de la peau, on plaçait celle-ci de manière à ce que, dans l'un, elle fût tournée avec sa face externe vers l'intérieur de l'instrument, tandis que, dans l'autre, on la disposait de manière à lui faire regarder l'appareil avec sa face interne.

Toutes nos expériences ont été faites à la température de + 12 à + 15 degrés centigrades. Dans le plus grand nombre des cas, elles ont duré deux heures, et nous les avons répétées plus d'une fois. On a eu soin d'employer, pour les deux endosmomètres avec lesquels on a fait les deux expériences comparatives, deux portions de membrane d'une égale épaisseur, prises toutes les deux sur le même animal, et dans deux régions symétriques de son corps ou de l'organe employé. Les liquides dont nous avons fait usage, outre l'eau de source, ont été les suivants; nous en donnons une fois pour toutes leur densité en degrés de l'aréomètre Baumé :

Eau sucrée....................	19°
Solution de blanc d'œuf........	4
Solution de gomme arabique....	5
Alcool........................	34

Ces liquides étaient contenus ordinairement dans l'intérieur de l'instrument; l'eau était placée à l'extérieur.

Dans quelques circonstances particulières dont nous parlerons ailleurs, nous avons employé deux vases pour y

placer séparément les endosmomètres; nous avons aussi fait usage d'un autre instrument dont voici la description (voyez *Pl. I*) : B et C sont deux récipients cylindriques en laiton qui s'unissent entre eux à frottement. Le récipient B a dans la face qui est tournée vers le récipient C une lame percée de très-petits trous, sur laquelle on applique la membrane que l'on veut soumettre à l'expérience. C a pareillement un fond percé qui embrasse parfaitement bien la membrane, lorsque les deux récipients B et C sont réunis. De cette manière, la membrane ne peut céder à la pression plus forte que pourrait exercer sur elle le plus dense des liquides contenu dans l'un des deux récipients; *mn*, *op* sont deux tubes qui ont le même calibre; le premier communique avec le récipient B, l'autre avec le récipient C. Lorsqu'on veut faire usage de l'instrument, on commence par introduire le liquide le plus dense en B, et en remplir le tube *mn* jusqu'à une certaine hauteur; ensuite on remplit d'eau le récipient C, en le plongeant dans une cuve remplie de ce même liquide, et on réunit sous l'eau ce récipient au récipient B; on serre les deux récipients avec une vis de pression qui est fixée sur la mâchoire, afin que le liquide contenu dans C ne s'échappe pas. On nivelle l'instrument, et on remplit les tubes de manière que les deux liquides arrivent au zéro de l'échelle.

Avec cet instrument on obtient simultanément les valeurs de l'élévation et de l'abaissement des deux liquides, ce qui fait que l'indication du phénomène est pour ainsi dire redoublée, et par suite plus distincte.

Nous commencerons par rapporter les résultats obtenus en employant pour membranes les peaux de grenouille, de torpille, d'anguille, et les liquides indiqués ci-dessus. A commencer des premiers essais que nous avons entrepris, nous avons pu voir, d'une manière bien distincte, l'influence marquée qu'exerce sur le phénomène de l'endos-

mose la position de la membrane intermédiaire relativement aux deux liquides; ce fut même cette première découverte qui nous amena à étudier, d'après les mêmes vues, la vessie urinaire et l'estomac de divers animaux.

Avec un peu de soin, il est aisé d'obtenir les peaux intactes, et de les dépouiller de tout le tissu cellulaire sous-cutané avec lequel elles sont en contact. Après les avoir ainsi préparées, en mettant de côté les portions qui dans la torpille et dans l'anguille sont percées par les appendices cutanés, on a des membranes très-propres à ce genre d'expériences.

Nous avons pris deux endosmomètres contenant une solution de gomme arabique, en employant la peau de torpille que nous avons placée de manière à ce que, dans l'un de ces endosmomètres, sa face externe regardât l'intérieur de l'instrument, tandis que, dans l'autre, la disposition était inverse; nous avons observé que tandis qu'à diverses épreuves le liquide s'élevait jusqu'à 30 millimètres dans le premier instrument, il ne s'élevait, dans le deuxième, qu'à 18 millimètres et tantôt à 6 millimètres seulement. Dans certains cas, nous avons vu le liquide s'élever de 20 millimètres et même davantage dans le premier, tandis qu'il ne s'élevait guère dans le second.

Une telle diversité est tout aussi bien marquée en faisant usage de l'eau sucrée : de sorte que, tandis que ce liquide s'élève à 50 et jusqu'à 80 millimètres, lorsque la face externe de la peau est tournée vers l'instrument où le liquide est contenu, on le voit dans la disposition inverse ou ne pas s'élever, ou s'élever seulement de 2 millimètres. Dans un cas où il s'éleva à la hauteur de 80 millimètres dans la première des dispositions indiquées, il s'éleva dans la deuxième à 20 millimètres seulement.

En employant l'eau albumineuse, et en mettant en contact avec elle la face externe de la peau dans un cas, et dans l'autre la face interne, la hauteur fut de 26 millimè-

tres dans la première disposition, et elle le fut de 13 dans l'autre.

Les résultats obtenus avec la peau de grenouille sont analogues, en général, à ceux que nous a fournis la torpille. La direction du courant de l'endosmose est toujours de l'eau vers l'eau sucrée, vers l'eau de gomme, vers l'eau albumineuse; mais l'intensité du courant varie suivant la disposition de la membrane relativement aux deux liquides. En disposant la peau de grenouille dans les deux endosmomètres, suivant les deux arrangements ordinaires, on eut une élévation de 36 millimètres lorsque la face externe était en contact avec l'eau sucrée, et de 24 millimètres dans la disposition inverse. Dans certains cas, la première fut exactement le double de l'autre.

Il y eut également une différence bien marquée, toujours dans le même sens, en employant l'eau albumineuse et la solution de gomme arabique. Avec le premier de ces liquides, il y eut une élévation de 24 millimètres, et de 32 millimètres avec le deuxième, lorsque la face externe de la peau était en contact avec eux; cette élévation a été de 12 millimètres par l'eau albumineuse, de 16 millimètres par l'eau de gomme, lorsqu'elle était en contact avec la face interne de la peau.

Les différences que nous avons déjà remarquées en faisant usage de l'eau sucrée, lorsqu'on emploie les peaux de torpille et de grenouille, subsistent également en se servant de la peau d'anguille; mais ce qu'il y a de singulier dans ce cas, c'est que cette différence ne se manifeste pas dans les premiers moments de l'expérience. Dans le commencement, l'élévation du liquide est égale dans les deux instruments, mais deux heures après on voit qu'elle est de 30 millimètres dans l'endosmomètre dans lequel la face externe de la peau est tournée vers l'eau sucrée, et de 20 millimètres dans l'autre appareil. Avec l'eau albumineuse et l'eau de gomme, les différences s'observent dès le commencement

de l'expérience; et tandis qu'à la fin de l'expérience on trouve que l'eau albumineuse s'est élevée de 8 millimètres, lorsque la face externe de la peau regarde ce liquide, et que la solution de gomme s'est élevée de 20 millimètres, on trouve au contraire, dans la position inverse de la peau, que la première s'est élevée de 4 millimètres, et la deuxième de 17 millimètres.

L'état frais semble plus nécessaire à la peau d'anguille qu'à la peau de la grenouille et de la torpille, pour pouvoir noter une différence dans l'élévation des liquides contenus dans les deux endosmomètres. Si la peau d'anguille a été détachée de l'animal depuis un ou deux jours, la différence de hauteur devient nulle dans les deux dispositions de la membrane, et l'eau sucrée, la solution albumineuse et l'eau de gomme s'élèvent d'une quantité égale dans les deux instruments.

En employant l'eau et l'alcool, nous avons reconnu l'influence qu'exerce la disposition de la peau employée comme membrane intermédiaire entre ces deux liquides; mais la disposition, favorable au courant constamment dirigé de l'eau vers l'alcool, n'est pas la même pour les trois peaux que nous avons indiquées tout à l'heure.

Ainsi, en faisant usage de la peau de grenouille, le courant est favorisé de la face externe à la face interne de la peau, en se dirigeant toujours de l'eau vers l'alcool. Dans diverses expériences que nous avons plusieurs fois répétées, nous avons pu observer une élévation de 20, 24, 40 millimètres, lorsque la face interne de la peau était tournée vers l'alcool, tandis que, dans la disposition contraire, les élévations correspondantes n'ont été que de 4, 12, 20 millimètres. Dans beaucoup de cas, la disposition de la membrane étant favorable, l'élévation a été de 20 millimètres, tandis qu'il n'y a pas eu d'élévation, la membrane étant inversement disposée.

Le contraire a lieu avec la peau d'anguille. Dans celle-ci,

le courant est favorisé de la face interne à la face externe; et tandis que l'alcool contenu dans l'instrument s'élève à la hauteur de 20 millimètres, lorsqu'il est en contact avec la face externe de la peau, il ne s'élève que de 10 millimètres dans le cas contraire.

Cette différence d'élévation se vérifie avec la peau de la torpille comme avec la peau d'anguille. L'élévation a été de 50 millimètres dans un instrument, elle a été de 20 millimètres dans l'autre.

Les anomalies que nous vîmes dans nos premiers essais, en employant l'eau et l'alcool, nous amenèrent à étudier avec plus de soin les particularités du phénomène de l'endosmose, qui a lieu à travers la peau de la torpille avec ces liquides. Nous avons trouvé constamment la différence ci-dessus établie, lorsque la peau de la torpille a été nouvellement préparée, et qu'elle n'a pas servi précédemment à d'autres épreuves de ce genre; mais elle ne persiste que pendant la première heure de l'expérience, ou un peu plus : après cet espace de temps, les hauteurs suivent une loi diverse, et l'élévation dans l'endosmomètre dans lequel la face externe de la peau est en contact avec l'eau, va toujours en diminuant, finit par cesser, et change enfin de direction.

Parmi les nombreuses expériences où nous avons remarqué les élévations d'heure en heure, nous choisirons la suivante. Nous appellerons A l'endosmomètre dans lequel la face intérieure de la peau était en contact avec l'eau, et B celui dans lequel cette face regardait l'intérieur de l'instrument.

A			B		
Élévat. dans la	1re heure.	25 millim.	Élévat. dans la	1re heure.	17 millim.
"	2e	25	"	2e	3
"	3e	25	"	3e	0
"	4e	25	Abaiss. dans la	4e	3

Nous devons conclure : 1° que tant que la peau de la tor-

pille est récente, l'endosmose se fait comme à l'ordinaire, de l'eau vers l'alcool, avec cette différence toutefois que, tandis que dans le cas où la face interne de la peau est en contact avec l'eau, l'élévation est comme 3; elle n'est que 2 dans le cas contraire; 2° que tandis que, dans la première disposition de la membrane A, la force de l'endosmose se maintient toujours constante pendant quelques heures; dans la deuxième B, cette même force va toujours en diminuant, et finit par devenir nulle quelque temps après; 3° qu'après un certain temps, dans l'instrument, où la face interne de la peau est tournée vers l'alcool, le courant change de direction en se faisant de l'alcool vers l'eau, ou plutôt l'endosmose cesse; tandis qu'il reste constant dans la disposition contraire de la peau.

Il est naturel d'attribuer ce que nous avons observé de singulier en faisant usage de l'alcool, à l'action chimique que ce liquide exerce sur la substance de la membrane, et à l'altération consécutive de sa structure.

La diminution d'intensité de l'endosmose, que l'on observe avec la peau de la torpille, dans la position peu favorable de la membrane, se vérifie en employant la peau de grenouille, quelle que soit la disposition de la membrane; mais ces décroissements ne suivent pas une progression régulière, comme on peut le voir dans ce tableau, où A et B représentent les mêmes endosmomètres que dans le tableau précédent.

A			B		
Élévat. dans la	1re heure.	23 millim.	Élévat. dans la	1re heure.	30 millim.
"	2e	40	"	2e	55
"	3e	12	"	3e	15
"	4e	22	"	4e	35
"	5e et 6e	56	"	5e et 6e	58

Pendant la nuit, le liquide s'échappa des deux endosmomètres et le courant ne changea pas de direction, comme cela eut lieu avec la peau de la torpille. Le courant ne change pas non plus de direction en faisant usage de la peau

de grenouille, bien que l'on fasse durer l'expérience plus de quinze heures; mais les accroissements sont irréguliers comme pour la peau de grenouille.

Il était bon de rechercher si la force de l'endosmose variait suivant que la peau avait été prise sur différentes régions du corps de l'animal. Les expériences que nous avons faites à cet effet ne sont pas nombreuses; nous dirons seulement que l'endosmose n'a pas varié en employant, tantôt la peau qui recouvre les organes électriques, tantôt celle qui recouvre le ventre, tantôt celle qui recouvre le dos dans la torpille; le phénomène n'a pas varié non plus suivant que l'on fit usage de la peau du ventre ou du dos de la grenouille.

Nous avons entrepris une grande série d'expériences, afin de déterminer quelle est l'intensité de l'endosmose des différents liquides à travers les trois peaux que nous avons indiquées.

A cet effet, nous avions préparé simultanément trois endosmomètres, l'un avec la peau de la torpille, le deuxième avec la peau de la grenouille, le troisième enfin avec la peau d'anguille; les peaux étaient disposées dans tous les trois avec la face externe vers l'intérieur de l'instrument, qui contenait tantôt de l'eau sucrée, tantôt une solution albumineuse, tantôt de l'eau de gomme, tantôt de l'alcool. Les trois endosmomètres étaient plongés dans un vase en cristal qui contenait de l'eau de source; cette disposition nous offrait l'avantage de pouvoir reconnaître immédiatement la différence d'élévation de ces liquides à travers les trois différentes espèces de peau. On voit dans ce tableau l'intensité de l'endosmose de chacun des liquides à travers les diverses espèces de peau :

Eau sucrée........	Peau de torpille....	100 millimètres.
	Peau de grenouille..	25
	Peau d'anguille....	15

Eau albumineuse....	Peau de torpille ..	30 millimètres.
	Peau de grenouille.	15
	Peau d'anguille....	8
Solution de gomme.	Peau de torpille....	120 millimètres.
	Peau de grenouille..	22
	Peau d'anguille.....	6
Alcool............	Peau de torpille....	35 millimètres.
	Peau de grenouille.	80
	Peau d'anguille....	55

Ce tableau fait voir : 1° que l'on a avec la peau de la torpille le courant d'endosmose le plus fort, si l'on emploie pour liquide interne l'eau sucrée, la solution de gomme, la solution albumineuse ; 2° qu'avec ces mêmes liquides le courant de l'endosmose est moindre pour la peau de grenouille ; 3° qu'avec la peau de grenouille on a, de l'eau à l'alcool, un courant d'endosmose plus énergique qu'avec la peau d'anguille ; avec la peau de ce dernier animal le courant est plus énergique qu'avec la peau de la torpille ; 4° que ce courant, plus énergique de l'eau à l'alcool, à travers la peau de grenouille, a lieu quoique la peau ne soit pas disposée relativement aux liquides dans sa position généralement favorable à la production du phénomène ; 5° que l'intensité de l'endosmose, en supposant que l'on se serve toujours de la même peau, varie avec les différents liquides ; ce qui fait que pour la peau de torpille ces liquides doivent être ainsi disposés :

Solution de gomme, eau sucrée, alcool, eau albumineuse.

Pour la peau de grenouille :

Alcool, eau sucrée, solution de gomme, eau albumineuse.

Pour la peau d'anguille :

Alcool, eau sucrée, eau albumineuse, solution de gomme.

Ces derniers résultats nous prouvent que l'ordre dans le-

quel M. Dutrochet disposa ses liquides, relativement à l'intensité de l'endosmose qui se fait entre ceux-ci et l'eau, ne doit pas être considéré d'une manière générale.

Nous passerons maintenant à exposer les résultats obtenus en employant les membranes que nous avons placées dans la deuxième catégorie, c'est-à-dire l'estomac d'agneau, les estomacs du chien et du chat, le gésier du poulet.

Dans toutes ces expériences nous avons commencé par enlever à ces organes, avec tout le soin possible, les fibres musculaires avant de les appliquer aux endosmomètres, en nous servant ainsi de la seule membrane muqueuse. Nos recherches ont été faites sur des estomacs d'animaux récemment tués, sauf quelques cas particuliers dont nous ferons mention au fur et à mesure que nous avancerons.

Avec l'estomac de l'agneau préparé comme on l'a dit tout à l'heure, et l'eau sucrée dans l'intérieur des deux instruments, en disposant la membrane de manière à ce que sa face interne, ou celle qui est naturellement tournée vers l'intérieur de la cavité stomacale, soit dirigée vers l'intérieur de l'instrument, l'élévation du liquide a été de 56 millimètres dans un cas, de 54 millimètres dans un autre cas; tandis que, dans la disposition opposée de la membrane, l'élévation a été de 72 millimètres dans le premier cas, et de 66 millimètres dans le second. Ces deux expériences ne durèrent qu'une heure et un quart. L'endosmose fut donc favorisé en employant l'eau sucrée et l'eau de l'intérieur à l'extérieur de l'estomac.

Le contraire a eu lieu en faisant usage de la solution de blanc d'œuf. En effet, lorsque cette solution était en contact avec la surface interne de l'estomac, elle s'élevait dans l'instrument de 23, 28, 35 millimètres, tandis que dans le cas contraire, et dans l'espace de deux heures, elle ne s'élevait que de 11, 20, 22 millimètres.

En introduisant dans les endosmomètres une solution de gomme arabique, l'élévation a été, dans les deux diffé-

rentes dispositions de la membrane, tantôt nulle, tantôt de 8 millimètres dans les deux instruments; dans une expérience prolongée pendant plusieurs heures, il y eut une élévation de 12 millimètres lorsque la surface interne de la membrane était en contact avec la solution de gomme, et une élévation de 8 millimètres dans le cas contraire. L'intensité de l'endosmose entre l'eau et l'eau de gomme, à travers la membrane muqueuse de l'estomac de l'agneau, est donc très-faible; c'est par cette raison qu'afin d'avoir des élévations assez sensibles, on est obligé de prolonger l'expérience plus que d'habitude. Les élévations indiquées tout à l'heure, nous les avons obtenues dans l'espace de quatre heures et même plus. En outre de cela, on doit remarquer que le courant de l'endosmose, à travers cette membrane, ne dure pas longtemps en employant les liquides dont nous parlons. Il arrive souvent que la solution de gomme, après s'être élevée à une petite hauteur pendant les deux premières heures de l'expérience, ne dépasse plus cette limite, même en prolongeant de plusieurs heures l'expérience.

La position favorable à l'endosmose, entre l'eau pure et l'eau sucrée, que nous avons trouvée pour l'estomac d'agneau, n'est plus la même pour les estomacs de chat et de chien. Avec le premier de ces estomacs, l'élévation de l'eau sucrée dans le tube de l'instrument est de 30 ou de 15 millimètres, suivant que la face interne de la membrane est tournée vers l'intérieur de l'instrument, ou suivant qu'elle a une disposition inverse. Avec l'estomac de chien, les hauteurs sont de 68 millimètres dans le premier cas, de 8 millimètres seulement dans le deuxième.

Avec l'estomac de chat, l'endosmose de l'eau à la solution de gomme arabique est également favorisé de la face externe à la face interne de l'estomac. Ainsi, lorsque la surface muqueuse de la membrane est en contact avec l'eau de gomme, l'élévation du liquide arrive jusqu'à 38 millimètres; tandis qu'elle n'est que de 14 dans l'autre disposition

de la membrane. On n'observe cette différence qu'autant qu'il s'agit d'un estomac très-frais. Si l'estomac appartient à un animal mort depuis un certain temps, alors on observe dans les premiers moments de l'expérience une très-petite élévation, tantôt égale dans les deux instruments, tantôt plus grande, tantôt moindre dans le même endosmomètre; mais, peu de temps après, on voit que le liquide descend. En changeant la position relative des liquides, c'est-à-dire en plaçant à l'extérieur la solution de gomme et l'eau pure dans l'intérieur de l'instrument, on voit que celle-ci s'abaisse. On vérifie les mêmes faits avec l'estomac de chien.

Nous n'avons pas d'expériences faites avec l'estomac de ce dernier animal aussitôt après sa mort, et en employant pour liquide interne la solution d'albumine. Celles dont nous allons exposer les résultats ont été commencées plusieurs heures après la mort de l'animal. La solution albumineuse s'éleva à une égale hauteur dans les deux instruments, dans quatre expériences différentes. Dans l'une, entre autres, cette élévation a été de 20 millimètres dans l'espace d'une heure, et elle ne changea pas pendant plus de trois heures dans l'endosmomètre dans lequel la surface interne de l'estomac était en contact avec l'intérieur de l'instrument; tandis que dans l'autre endosmomètre elle baissa de 25 millimètres pendant les mêmes trois heures. En général, il n'arrive presque jamais que la colonne liquide se maintienne stationnaire pendant plus longtemps dans ce second instrument. Dans le plus grand nombre des cas, avec une membrane d'estomac de chien, qui ne soit pas trop fraîche, le liquide descend dans les deux instruments, après avoir plus ou moins monté; mais la diminution de hauteur est double et souvent triple, dans l'endosmomètre qui présente la face externe de la membrane tournée du côté de l'eau albumineuse. En changeant la position des deux liquides, en plaçant la solution de blanc d'œuf à l'extérieur des endosmomètres, et l'eau dans leur intérieur, on voit que le liquide interne

descend également dans les deux instruments. Ces abaissements ont lieu lorsque l'endosmose s'arrête par suite de l'altération survenue dans la structure de la membrane, quelque temps après la mort, si ce n'est que l'influence de la disposition des deux faces persiste en quelque sorte même dans la membrane altérée. Nous avons, en effet, remarqué que l'abaissement de la solution d'albumine est double, et même triple, dans l'endosmomètre dans lequel la face externe de la membrane regarde l'intérieur de l'instrument. La marche peu régulière du phénomène de l'endosmose avec la membrane fraîche d'estomac et les liquides cités, nous a obligés à varier beaucoup nos expériences, et les résultats que nous venons de rapporter sont la suite d'un très-grand nombre de recherches.

Avec la membrane muqueuse du gésier de poulet, en employant l'eau sucrée et l'eau pure, l'endosmose est favorisé de la face externe à la face interne de la membrane, bien qu'en général la différence d'élévation entre les liquides des deux endosmomètres ne soit pas très-grande. Ainsi, lorsque la face interne de la membrane regardait l'intérieur de l'instrument, l'élévation était de 48 millimètres, tandis qu'elle était de 43 dans la disposition inverse de cette membrane. Il n'est pas rare de voir dans la première des dispositions indiquées une plus grande différence; ainsi nous avons vu quelquefois dans un endosmomètre une élévation de 17, de 20 millimètres, etc., tandis que, dans l'autre, le liquide ne s'élève guère. Il est en outre à remarquer la promptitude avec laquelle le courant d'endosmose cesse d'avoir lieu de l'eau à l'eau sucrée, à travers le gésier de poulet. En général, après deux heures tout au plus, la colonne liquide se rend stationnaire dans les deux tubes.

L'endosmose entre l'eau et la solution albumineuse, à travers la membrane en question, semble se faire indifféremment, quelle que soit la disposition de ses faces relativement aux deux liquides. Nous avons pu vérifier ce fait

un grand nombre de fois. Dans un seul cas nous avons vu que le liquide s'est élevé de 15 millimètres dans l'endosmomètre, dans lequel la face interne de la membrane regardait l'intérieur de l'instrument; tandis que dans l'autre endosmomètre l'élévation n'a été que de 5 millimètres.

Ce qui a lieu avec la solution d'albumine se fait aussi avec la solution de gomme. Dans les deux dispositions de la membrane muqueuse du gésier de poulet, l'élévation du liquide dans les tubes est la même en prolongeant l'expérience pendant toute la nuit. Lorsque, dans des cas fort rares, nous avons remarqué une petite différence d'élévation dans les deux instruments, c'était celui des deux endosmomètres dans lequel la face interne de la membrane était en contact avec la solution de gomme qui montait davantage.

Il ne nous reste plus, afin de compléter l'expositiou des résultats obtenus dans nos nombreuses expériences, en faisant usage des membranes de la seconde catégorie, qu'à parler des phénomènes observés en employant l'alcool pour liquide interne, en contact tantôt avec la face externe, tantôt avec la face interne de ces membranes.

Avec les estomacs d'agneau, de chat et de chien, l'endosmose est constamment dirigé de l'eau vers l'alcool, et il est favorisé de la face interne à la face externe de la membrane. En effet, nous avons vu dans l'endosmomètre, dans lequel la face externe de la membrane muqueuse de l'estomac d'agneau était tournée vers l'intérieur de l'instrument qui contient l'alcool, l'élévation être de 88 millimètres, et de 10 millimètres seulement dans la disposition contraire. Nous avons vu aussi l'élévation continuer dans le premier endosmomètre, tandis que le liquide reste stationnaire et souvent même descend dans l'autre instrument.

Avec l'estomac du chat, l'alcool s'élève dans le tube à la hauteur de 22 millimètres, dans l'espace de deux heures, lorsque la face externe de la membrane regarde l'intérieur de l'endosmomètre; il ne s'élève que de 2 millimètres dans

le cas contraire. Quelquefois l'élévation a été de 20 jusqu'à 24 millimètres dans la première disposition de la membrane, tandis qu'il n'y a pas eu d'élévation dans l'autre disposition.

Avec l'estomac de chien, l'élévation de l'alcool dans le tube est de 24 millimètres lorsque la surface muqueuse est en contact avec l'eau; elle est de 16 millimètres, lorsqu'elle est disposée d'une manière inverse; six heures après, le liquide s'est élevé encore de 40 millimètres dans le premier cas, et de 25 millimètres seulement dans le second; dans une autre expérience, après le temps indiqué, les élévations ont été 130 millimètres et 3 millimètres.

Avec les estomacs jusqu'ici employés, l'endosmose, favorisé de la face interne à la face externe de la membrane, se fait constamment de l'eau vers l'alcool, comme cela a lieu avec les membranes dont s'est servi M. Dutrochet. C'est une chose singulière, qu'avec la membrane interne du gésier de poulet l'endosmose se fasse au contraire de l'alcool vers l'eau, et cela quelle que soit la disposition de la membrane, relativement aux deux liquides. Ce fait exceptionnel, que nous avons attribué, dans le commencement, au défaut d'intégrité dans les membranes employées, nous l'avons vérifié un grand nombre de fois, tantôt en introduisant, comme à l'ordinaire, l'alcool dans l'intérieur de l'instrument, dans lequel cas nous avons vu l'alcool baisser, tantôt en le plaçant en dehors du même instrument, ce qui faisait que l'eau s'élevait constamment dans le tube. L'influence de la disposition de la membrane se vérifie aussi avec cette membrane. Nous commencerons par donner les diminutions de hauteur notées dans le cas où l'alcool était contenu dans l'intérieur de l'instrument. Lorsque la face interne de la membrane muqueuse du gésier était tournée vers l'intérieur de l'endosmomètre, la diminution de hauteur de l'alcool dans le tube a été de 24, de 28 millimètres et même davantage, dans l'espace de six heures; tandis qu'elle n'a été que de 11,

de 12 millimètres dans le cas contraire. Dans une autre expérience, que nous choisissons au milieu d'un grand nombre, l'élévation de l'eau a été de 32 millimètres dans l'endosmomètre, dans lequel la face externe de la membrane regardait l'intérieur de l'instrument; elle a été de 16 millimètres dans l'autre endosmomètre; l'expérience a continué pendant trois heures environ. Par conséquent, l'endosmose entre l'alcool et l'eau est favorisé de la face interne à la face externe du gésier de poulet.

Passons enfin à l'exposition de ce que nous avons observé en employant pour membrane intermédiaire la membrane muqueuse de la vessie urinaire de bœuf à l'état frais, et dépouillée, comme nous l'avons fait pour les estomacs, des couches musculaires.

En employant cette membrane, et en introduisant de l'eau sucrée dans l'intérieur des endosmomètres, l'élévation du liquide, dans les tubes, est de 80 millimètres, et même de 133 millimètres dans l'espace de deux heures, lorsque la surface interne de la membrane est en contact avec l'eau sucrée, tandis qu'elle n'est que de 63 ou de 72 millimètres dans le cas opposé. Le courant de l'endosmose est donc favorisé dans ce cas de la face externe à la face interne de la membrane. Le contraire a lieu avec la solution de gomme arabique. L'élévation est de 18 millimètres, et, dans quelques cas, de 7 millimètres seulement, lorsque la face interne de la membrane est tournée vers l'intérieur de l'instrument, qui contient la solution de gomme, tandis que, lorsque la membrane présente une disposition inverse, l'élévation est de 52 millimètres, et, dans quelques cas, de 20 seulement. Il est inutile de faire remarquer que les nombres doubles que nous donnons se correspondent toujours dans une même expérience.

Avec la solution de gomme arabique, on voit quelquefois le liquide d'abord baisser dans les deux tubes, et ensuite, après un certain temps, s'élever à des hauteurs qui sont à

peu près dans le même rapport que celles qu'on observe avec l'eau sucrée. Dans un cas, le liquide baissa, dans les deux instruments, de 7 millimètres pendant la première heure de l'expérience; il commença ensuite à remonter, et, trois heures après, l'élévation était de 12 millimètres dans l'endosmomètre dans lequel la face interne de la membrane était en contact avec la solution de gomme, et de 8 millimètres dans l'endosmomètre où cette face était en contact avec l'eau.

Avec la solution albumineuse et l'eau pure, l'endosmose ne se fait pas à travers la membrane muqueuse de la vessie urinaire de bœuf; le liquide baisse dans les deux tubes, soit que la solution d'albumine soit placée dans l'intérieur de l'instrument, soit que celui-ci contienne l'eau pure. On doit toutefois observer que, lorsque la face interne de la membrane est en contact avec la solution albumineuse et que celle-ci est en dehors de l'instrument, la diminution de hauteur est moindre que lorsqu'elle a une position inverse, et que le contraire a lieu lorsque la solution est en contact avec la surface externe de la membrane.

Enfin, avec l'alcool et l'eau pure, il y a endosmose de l'eau vers l'alcool, comme dans la généralité des cas; mais l'élévation est tantôt de 24 millimètres, tantôt de 59, lorsque la surface externe de la membrane est en contact avec l'alcool, et tantôt de 26 ou de 37 millimètres dans le cas opposé.

Des différences aussi grandes dans l'endosmose, suivant la disposition de la membrane, observées en faisant usage de membranes fraîches, disparaissent en employant les membranes desséchées ou altérées par suite de la putréfaction plus ou moins avancée. Nous avons souvent varié les expériences, afin de déterminer l'influence de la dessiccation et de la putréfaction des diverses membranes. Il est certain qu'en employant les liquides cités, et pour membrane intermédiaire à ceux-ci et à l'eau pure les vessies

sèches de porc et de bœuf, mouillées, avant l'expérience, de manière à pouvoir les attacher à l'endosmomètre, ou il n'y a pas de différence, même après plusieurs heures, dans les élévations des liquides des deux tubes, quelle que soit la disposition des faces de la vessie, ou bien, s'il y a quelque différence, qui est constamment très-petite, on la retrouve tantôt du côté de l'instrument dans lequel la face interne de la vessie est tournée vers l'intérieur de l'endosmomètre, tantôt du côté de l'autre instrument. En employant les mêmes vessies qu'on a laissées pendant quelques heures dans l'eau, on observe quelquefois une certaine régularité d'effets, comme cela a lieu avec les vessies fraîches; mais si on les emploie très-mouillées, après les avoir tenues dans l'eau pendant toute une nuit, ou on ne voit aucune élévation dans les liquides des endosmomètres, ou cette élévation est égale dans les deux tubes. Il n'est pas difficile de se rendre raison des anomalies observées avec les vessies en cet état. En effet, on voit sur une vessie très-imbibée d'eau ses vaisseaux musculaires très-épais, et cela d'autant plus qu'elle a été plus longtemps dans l'eau. Or, nous avons vu plusieurs fois que l'endosmose ne se fait pas avec des vessies, des gésiers, des estomacs frais auxquels on n'a pas d'avance enlevé les couches musculaires. Si la vessie est peu mouillée, quoique les faisceaux musculaires aient acquis un certain gonflement, ils laissent toujours entre eux des interstices à travers lesquels l'endosmose se fait à coup sûr; mais l'inégalité de ces interstices, même sur deux portions symétriques de la même vessie, doit donner des résultats vagues et incertains.

Nous n'avons employé que le gésier de poulet dans un état d'altération plus ou moins avancé, afin de déterminer l'influence de la putréfaction des membranes dans le phénomène de l'endosmose. Les résultats que nous a donnés le gésier de poulet, en cet état, ont été très-incertains : tantôt, en effet, l'endosmose à travers le gésier ne se fit pas; tantôt nous avons eu une élévation égale dans les deux

instruments, quels qu'aient été les liquides employés et la disposition de la membrane; tantôt l'endosmose a été plus fort dans un sens, tantôt plus fort dans un autre; tantôt enfin les liquides baissèrent dans les deux instruments. En parlant ailleurs de ce que nous avons observé en faisant usage de la peau et de la muqueuse stomacale de certains animaux, nous avons remarqué comment les phénomènes de l'endosmose varient suivant qu'on emploie ces membranes immédiatement après la mort de l'animal, ou bien quelques heures après. Tous ces faits nous prouvent bien clairement qu'il existe une relation intime entre le phénomène de l'endosmose et l'état physiologique des membranes.

Il aurait été très-important d'étudier le phénomène de l'endosmose à travers les membranes fraîches, prises sur des animaux plus ou moins bien nourris préalablement ou soumis à des traitements particuliers. Nous avons fait, d'après ces vues, une seule expérience comparative qui nous a conduits à admettre que l'endosmose à travers la peau de grenouille se fait d'une manière plus énergique si cette peau est d'un animal qu'on a gardé depuis quelques jours hors de l'eau.

En réfléchissant à toutes les causes d'erreur qui peuvent intervenir dans des expériences de cette nature, nous avons été forcés de les varier un grand nombre de fois, et c'est pour cela que nous avons été peut-être trop minutieux en les exposant. Voici les conclusions les plus importantes de nos recherches :

1°. La membrane intermédiaire aux deux liquides dans l'endosmomètre exerce une très-grande influence, soit sur l'intensité du courant endosmométrique, soit sur sa direction ;

2°. Il y a, en général, pour chaque membrane une telle position, relativement aux deux liquides, dans laquelle l'endosmose se fait d'une manière plus intense ;

3°. La direction la plus favorable à l'endosmose à travers les peaux est, en général, de la face interne à la face ex-

terne, à l'exception de la peau de grenouille, avec laquelle l'endosmose, entre l'eau et l'alcool, est favorisé de la face externe à la face interne;

4°. La direction favorable à l'endosmose à travers les estomacs et les vessies urinaires varie beaucoup plus qu'avec les peaux, suivant les différents liquides;

5°. Le phénomène de l'endosmose est lié à l'état physiologique des membranes;

6°. Avec les membranes sèches ou altérées par suite de la putréfaction, ou on ne remarque plus les différences trouvées suivant la disposition des faces des membranes, ou bien l'endosmose ne se fait plus.

Afin de nous expliquer le résultat le plus singulier de nos expériences et les conséquences que nous en avons déduites, il est nécessaire de considérer l'*exosmose* sous un point de vue différent de celui sous lequel il a été regardé jusqu'à ce jour. L'augmentation de volume du liquide interne, qui est ordinairement le plus dense, est regardée par M. Dutrochet comme un résultat de la différence entre le *courant fort d'introduction* et le *courant faible de sortie*. Suivant cette manière de voir, celui des deux liquides qui reçoit de son antagoniste plus qu'il ne lui donne, augmente d'une quantité égale à l'excès de ce qu'il reçoit sur ce qu'il donne. D'après cela, tous les faits que nous avons observés nous amèneront à établir que les diverses membranes donnent un passage d'autant plus facile de l'eau vers le liquide contenu dans les endosmomètres, suivant qu'elles sont disposées d'une manière plutôt que d'une autre, et suivant que les endosmomètres contiennent un liquide plutôt qu'un autre, indépendamment de l'exosmose. Mais un grand nombre de difficultés, que nous nous abstiendrons d'exposer, parce qu'elles se seront présentées d'elles-mêmes à quiconque nous a suivis dans l'exposition des faits que nous avons observés, se présentent dans cette manière de considérer les phénomènes; nous

nous bornerons à faire remarquer qu'en attribuant tout à l'endosmose, la présence de la solution de gomme ou de la solution de sucre dans l'intérieur de l'endosmètre, ne peut pas nous rendre compte des phénomènes qui se passent avec la membrane interne de l'estomac d'agneau et avec la membrane muqueuse de la vessie urinaire de bœuf. Ces phénomènes peuvent aussi être expliqués en admettant que les diverses membranes donnent par exosmose un passage plus ou moins facile vers l'eau aux différents liquides, suivant qu'ils sont en contact avec l'une ou avec l'autre de leurs faces, en supposant toujours constant et de la même intensité dans tous les cas le passage de l'eau vers le liquide le plus dense, d'après la loi presque générale de l'endosmose. Mais il fallait recourir à l'expérience pour reconnaître si cette manière de s'expliquer les phénomènes observés était vraie; il était nécessaire, non-seulement de prouver l'existence de l'exosmose, comme cela a été pratiqué par M. Dutrochet, mais il fallait aussi le mesurer de la même manière que nous avons mesuré l'endosmose.

Nous avons dans ces recherches donné la préférence aux peaux de grenouille et d'anguille, et à l'eau salée, comme liquide plus dense, et dans quelques circonstances même, à l'eau sucrée.

Nous avons commencé par préparer les deux endosmomètres comme à l'ordinaire, en mettant dans l'un la peau de grenouille ou d'anguille dont la face interne était tournée vers l'intérieur de l'instrument, et dans l'autre, la même peau dans la disposition inverse. On introduisait dans les deux endosmomètres des volumes égaux d'eau salée dont on connaissait la densité, et on plongeait les instruments dans deux vases de verre séparés entre eux, et contenant de l'eau distillée dont les volumes étaient égaux à ceux de l'eau salée; après quelques heures d'expérience, on mesurait exactement les volumes des liquides contenus dans les endosmomètres et ceux de l'eau distillée qui se

trouvait dans les deux vases, et l'on reconnaissait ainsi celui des deux liquides qui s'était le plus élevé dans les tubes. On a trouvé que l'endosmose de l'eau vers l'eau salée, à travers ces peaux, était favorisé de la face interne à la face externe. En déterminant la densité des liquides contenus dans les deux instruments et celle de l'eau distillée contenue dans les deux vases externes, nous avons reconnu que dans *l'endosmomètre dans lequel l'accroissement de volume de l'eau salée avait été plus grand, la densité de celle-ci s'y était conservée plus grande que dans l'autre*; et *vice versâ*, nous avons vu que *dans le vase où la diminution de volume de l'eau distillée avait été plus grande, on trouvait une quantité de solution salée, qui y avait été poussée par exosmose, moindre que dans l'autre vase, où le volume de l'eau distillée avait diminué d'une moins grande quantité.*

Voici un tableau où sont écrits les nombres obtenus.

La première colonne représente les volumes en dixième de centimètre cube des liquides des endosmomètres après l'expérience ; la deuxième colonne représente le poids d'un volume donné et constant de ces liquides ; la troisième indique les volumes de l'eau distillée restée dans les deux vases externes à la fin de l'expérience ; la quatrième enfin représente le poids, après l'expérience, d'un volume donné de l'eau des vases eux-mêmes. Le poids du même volume d'eau salée, avant l'expérience, était de 17gr,850 ; celui d'un égal volume d'eau distillée était de 16gr,025.

	I.	II.	III.	IV.
		gr.	gr.	gr.
Peau de grenouille...	150	17,835	112,5	16,165
	149	17,680	113,5	16,405
Peau d'anguille....	222,5	17,145	200,0	16,170
	217,5	17,130	205,0	16,220

Dans quelques cas nous avons fait précipiter le sel contenu dans les deux vases externes, à l'aide du nitrate d'argent. La dernière colonne nous donne, dans ce deuxième

tableau, les quantités de chlorure d'argent ainsi obtenues :

	I.	II.	III.	IV.
		gr.		gr.
Peau de grenouille.	172	17,190	160	0,190
	171	17,175	161	0,280

Nous avons observé un résultat semblable avec de l'eau sucrée et en employant la peau d'anguille ; le poids d'un volume donné d'eau sucrée était, avant l'expérience, $13^{gr},180$. Voici les nombres obtenus :

	I.	II.	III.	IV.
		gr.		gr.
Peau d'anguille.....	193	18,035	181	16,045
	191	18,010	183	16,045

Ces faits ne peuvent en aucune manière s'expliquer, en admettant que l'élévation et l'accroissement de volume du liquide des deux endosmomètres ne sont dus qu'à la différence des deux courants d'endosmose et d'exosmose. Dans ce cas, le liquide de l'endosmomètre, dans lequel l'eau s'est élevée davantage, devrait être moins dense que l'autre, dans lequel l'élévation a été moindre; on est, au contraire, forcé d'admettre que le courant d'endosmose a été égal, ou presque égal dans les deux cas, et quelle qu'ait été la disposition de la membrane; tandis que le courant d'exosmose a dû être plus fort dans celui des deux appareils dans lequel l'élévation a été moindre.

Nous sommes bien loin de croire que ce sujet ait été épuisé par nos recherches, et nous espérons pouvoir encore y revenir; toutefois, il est démontré par ce Mémoire que la nature différente de la membrane, son état et sa fonction physiologique, exercent une très-grande influence sur les phénomènes de l'endosmose, et font ainsi voir toute son importance dans l'explication de certaines fonctions des corps vivants.

RECHERCHES SUR LES ACIDES VOLATILS A SIX ATOMES D'OXYGÈNE;

PAR M. AUGUSTE CAHOURS.

PREMIER MÉMOIRE.

Depuis longues années les études des chimistes sont dirigées vers la recherche de la constitution réelle des acides et des sels.

Deux hypothèses ont été émises à l'égard de ces composés par deux des hommes les plus éminents dont la science s'honore : Lavoisier et Davy.

Pour Lavoisier, un acide est une combinaison résultant de l'union de deux composés binaires qui sont, d'une part, de l'eau; de l'autre, une combinaison oxygénée regardée par ce chimiste comme le véritable acide anhydre. Vient-on à mettre l'acide hydraté en présence d'une base, l'eau est éliminée et se trouve remplacée par cette dernière. On forme de la sorte un composé qu'on désigne sous le nom de *sel*.

L'acide hydraté serait donc le type salin du genre; en remplaçant l'eau par les différentes bases connues, on obtiendrait les espèces diverses qui appartiennent à ce genre. Ainsi, en appliquant cette manière de voir aux acides sulfurique, azotique, chlorique, etc., on aurait :

SO^3, H^2O type du genre sulfate,

$SO^3, H^2O + KO = H^2O + SO^3, KO,$
Sulfate de potasse.

$SO^3, H^2O + PbO = H^2O + SO^3, PbO$, etc.;
Sulfate de plomb.

AzO^5, H^2O type du genre azotate,

$AzO^5, H^2O + KO = H^2O + AzO^5, KO,$
Azotate de potasse.

$AzO^5, H^2O + PbO = AzO^5, PbO$, etc.;
Azotate de plomb.

ClO^5, H^2O type du genre chlorate,

$ClO^5 H^2O + KO = H^2O + ClO^5, KO,$
Chlorate de potasse.

$ClO^5, H^2O + PbO = H^2O + ClO^5, PbO,$ etc.
Chlorate de plomb.

Le sel neutre ne différerait alors de l'acide hydraté que par la substitution d'une molécule d'un oxyde de la forme MO à une molécule d'eau.

Ces vues, remarquables par leur simplicité, furent alors adoptées par le plus grand nombre des chimistes. Mais quand, plus tard, on découvrit des combinaisons formées d'un radical et d'hydrogène, et fonctionnant à la manière des acides, on fut obligé d'établir deux groupes distincts, savoir : les oxacides et les hydracides.

Dans un Mémoire fort remarquable sur l'acide iodique, Davy essaya de ramener ces deux classes de composés à un même type ; il considéra dès lors tous les acides comme des hydracides comparables à l'acide chlorhydrique. Dans cette hypothèse, la formation des sels s'expliquerait par de simples phénomènes de substitution.

En formulant l'acide sulfurique monohydraté de la manière suivante :

$$SO^4, H^2,$$

tous les sulfates en dériveraient, en effet, par la substitution d'une molécule d'un métal quelconque à la molécule d'hydrogène qu'il renferme.

Les idées ingénieuses de Davy s'accommodaient ainsi parfaitement aux différents acides connus ; aussi trouvèrent-elles crédit parmi des chimistes fort distingués.

La découverte des acides polybasiques vint apporter des objections sérieuses à cette manière de voir ; ainsi, pour les trois hydrates distincts d'acide phosphorique si bien étudiés par M. Graham, il fallait, disait-on, admettre trois radicaux différents et inconnus ; tandis qu'en partant des idées de Lavoisier, la constitution de ces composés s'expliquait d'une manière simple ; mais on peut facilement

écarter ces difficultés, en se laissant guider par les idées de M. Dumas.

Ce chimiste, donnant de l'extension aux idées de Davy, proposa de considérer certaines molécules comme de véritables types, dans lesquels on peut remplacer certains éléments par d'autres, sans en changer les propriétés fondamentales.

Considérés à ce point de vue, les trois hydrates d'acide phosphorique formeraient trois types qu'on pourrait formuler ainsi :

$$Ph\ H^2O^6;$$
$$Ph\ H^4O^7;$$
$$Ph\ H^6O^8.$$

Le premier pourrait échanger son équivalent d'hydrogène contre 1 équivalent de métal, et donnerait naissance aux métaphostates.

Le second produirait les pyrophosphates, par la substitution de 1 ou 2 équivalents de métal à 1 ou 2 équivalents d'hydrogène.

Enfin, en remplaçant 1, 2 ou 3 équivalents d'hydrogène par 1, 2 ou 3 équivalents de métal, on obtiendrait les phosphates ordinaires.

Tous les acides dits *polybasiques* peuvent se formuler d'une manière analogue, et la formation de leurs sels s'explique d'une façon toute semblable.

C'est guidé par ces vues que j'ai entrepris les recherches qui vont suivre sur l'acide salycilique et ses dérivés.

Les propriétés curieuses et surtout inattendues du salycilate de méthylène et de l'éther salycilique avaient conduit M. Dumas, dans son Rapport sur mon Mémoire relatif à ces combinaisons, à considérer l'acide salycilique comme bibasique; on pouvait se rendre ainsi facilement compte du mode d'action de ces produits en présence des bases. Les faits que j'ai récemment observés, et dont je vais rendre un compte sommaire, prouvent d'une manière évidente

que l'acide salycilique est un acide monobasique, ou pour mieux dire, un acide uni-moléculaire.

ACIDE SALYCILIQUE.

Cet acide s'éloignant par sa composition de la plupart des acides volatils connus, dont la molécule ne renferme que 4 atomes d'oxygène, j'ai pensé qu'il devait dès lors offrir quelques particularités dignes d'intérêt, lorsqu'on le place dans les mêmes circonstances que les autres acides. Tel est le plan que je me suis tracé dans les recherches dont je vais exposer les principaux résultats.

L'acide salycilique, suivant qu'il se dépose d'une dissolution aqueuse ou alcoolique, offre un aspect différent, mais possède dans les deux cas la même composition.

L'eau le dissout en faible proportion à la température ordinaire, elle en dissout beaucoup plus à la température de l'ébullition, et l'abandonne par le refroidissement sous la forme d'aiguilles longues et déliées, présentant de la ressemblance avec l'acide benzoïque.

L'alcool le dissout en plus forte proportion que l'eau; la dissolution, abandonnée à l'évaporation spontanée, donne des cristaux assez volumineux et d'une grande netteté; ce sont des prismes obliques à quatre pans. L'esprit-de-bois le dissout assez bien, surtout à chaud.

L'éther dissout l'acide salycilique en assez forte proportion à la température ordinaire, il en prend davantage à chaud; par évaporation spontanée, il le laisse déposer sous forme de cristaux d'un grand volume et d'une régularité parfaite. Si l'on opère sur 50 à 60 grammes d'acide, et surtout si l'on a soin de placer la dissolution dans un vase profond, dont l'ouverture doit être recouverte d'un papier percé de trous, afin que l'évaporation se fasse d'une manière très-lente, on obtient des cristaux de 3 à 4 centimètres de long et de 4 à 6 millimètres de large. C'est certes l'un des plus beaux acides organiques que l'on connaisse.

L'essence de térébenthine en dissout à peine à froid; à la température de son ébullition, elle en dissout environ le cinquième de son poids, et se prend en masse par le refroidissement.

L'acide salycilique fond à 158 degrés. A une température supérieure, il se réduit en vapeur, celle-ci se condense sur les parties froides du vase distillatoire sous la forme d'aiguilles minces, douées de beaucoup d'éclat. Si l'acide est bien pur, la température ménagée, et la distillation conduite avec lenteur, la majeure partie de l'acide distille sans éprouver d'altération.

Si l'acide est impur et la distillation rapidement conduite, il est en grande partie décomposé; on voit alors se condenser dans le récipient une huile presque incolore, soluble dans la potasse, donnant avec le chlore et le brome des acides chloro-phénisique et bromo-phénisique, se transformant en acide picrique par l'action prolongée de l'acide nitrique, présentant en un mot tous les caractères de l'hydrate de phényle, dont elle possède exactement la composition.

L'acide salycilique forme avec la potasse, la soude, la baryte, la strontiane, la chaux, la magnésie, l'oxyde de zinc, des sels solubles et cristallisables.

Avec les oxydes de plomb, de cuivre et d'argent, il forme des sels peu solubles à froid; celui de plomb se dissout facilement à la température de l'ébullition, et se dépose par le refroidissement sous la forme d'aiguilles douées de beaucoup d'éclat.

Une dissolution d'acide salycilique, exposée au contact de l'air, n'éprouve aucune altération.

Chauffé avec de l'acide sulfurique étendu et du peroxyde de manganèse, il donne naissance à de l'acide formique.

Le chlore et le brome réagissent sur cet acide et donnent naissance à de nouveaux produits dérivés par la substitution de 1, 2, 3 équivalents de chlore ou de brome, à un nombre égal d'équivalents d'hydrogène.

Si l'on fait arriver sur de l'acide salycilique bien sec, réduit en poudre, des vapeurs d'acide sulfurique anhydre, il se réduit en une masse gommeuse que l'eau froide dissout facilement; il se produit dans cette circonstance un acide sulfosalycilique qui forme, avec la plupart des bases, des sels solubles.

L'acide nitrique fumant transforme à froid l'acide salycilique en acide indigotique. En élevant la température et prolongeant l'action, l'acide indigotique donne à son tour naissance à de l'acide carbazotique.

Si l'on porte un mélange d'acide chlorhydrique et d'acide salycilique à une température d'environ 60 à 70 degrés, puis qu'on projette peu à peu dans le liquide du chlorate de potasse en cristaux, il s'établit une réaction très-vive; la matière s'échauffe considérablement, et bientôt il se dépose au fond du ballon une huile rougeâtre contenant une quantité très-notable de *chloranile* qu'on peut extraire au moyen de l'alcool.

Les salycilates alcalins prennent, sous l'influence simultanée de l'air et de l'eau, une couleur brune foncée; il se produit dans cette circonstance, aux dépens de l'acide salycilique, une matière brune qui se combine à l'alcali et colore la dissolution.

Les salycilates alcalins donnent, à la distillation sèche, de l'hydrate de phényle pur.

Les différents salycilates renfermant un ou plusieurs équivalents d'eau qu'ils ne perdent qu'avec peine à une température élevée, j'avais pensé, d'après cela, que l'acide salycilique pourrait constituer différents hydrates; en conséquence, j'ai décomposé par l'acide chlorhydrique une dissolution étendue de salycilate de potasse. L'acide s'est déposé sous forme de flocons cristallins qui possèdent exactement la composition de l'acide salycilique obtenu, soit par cristallisation dans l'alcool, soit par sublimation, ainsi qu'on peut le voir par les analyses suivantes :

I. $0^{gr},560$ d'acide salycilique obtenu par cristallisation dans l'alcool m'ont donné 0,223 d'eau et 1,248 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},486$ d'acide salycilique sublimé m'ont donné 0,191 d'eau et 1,084 d'acide carbonique.

III. $0^{gr},418$ d'acide salycilique obtenu en précipitant une dissolution étendue de salycilate de potasse par l'acide chlorhydrique, m'ont donné 0,165 d'eau et 0,927 d'acide carbonique.

Ces résultats, traduits en centièmes, donnent:

	I.	II.	III.		Théorie.
Carbone	60,76	60,83	60,48	C^{28}.....	60,86
Hydrogène.....	4,41	4,37	4,38	H^{12}......	4,35
Oxygène.... ..	34 83	34,81	35,14	O^{6}	34,79
	100,00	100,00	100,00		100,00

SALYCILATES.

Le *salycilate de potasse* s'obtient à l'état de pureté en saturant l'acide salycilique au moyen d'une dissolution concentrée de carbonate de potasse, évaporant à siccité, et reprenant le résidu par l'alcool concentré et bouillant qui ne dissout que le salycilate de potasse, et l'abandonne en partie par le refroidissement, puis par l'évaporation. Si l'on comprime ce sel entre des doubles de papier buvard, puis, qu'après l'avoir dissous dans l'eau, on fasse cristalliser la dissolution dans le vide, on obtient un produit qui se présente sous la forme d'aiguilles incolores, soyeuses et douées de beaucoup d'éclat. Sec, il se conserve très-bien au contact de l'air ou de l'oxygène secs; humide ou dissous, il prend une teinte brune qui devient bientôt complétement noire.

Soumis à la distillation sèche, il donne de l'hydrate de phényle et laisse du carbonate de potasse pour résidu.

Le salycilate cristallisé m'a donné les résultats suivants:

I. $0^{gr},744$ de matière m'ont donné 0,350 de sulfate de potasse, ce qui représente 0,189 de potasse, soit 25,4 pour 100.

D'où l'on déduit pour le poids de la matière organique combinée à 1 équivalent de potasse le nombre 1732,5, qui correspond à $C^{28}H^{10}O^{5} + H^{2}O$.

Le sel de potasse, cristallisé et séché à froid dans le vide, retient donc une molécule d'eau.

II. $0^{gr},573$ de ce même sel mêlés avec un grand excès d'acide antimonieux m'ont donné, par la combustion avec l'oxyde de cuivre, 0,171 d'eau et 0,948 d'acide carbonique.

Ces résultats, traduits en centièmes, donnent :

	I.	II.		
Carbone....	45,12	"	C^{28}..	45,4
Hydrogène..	3,32	"	H^{12}..	3,2
Oxygène....	"	"	O^{6}...	26,0
Potasse.....	"	25,4	KO..	25,4
				100,0

III. $0^{gr},832$ de salycilate de potasse cristallisé, chauffés à 175 degrés, ont éprouvé une perte représentée par 0,042, soit 5,05 pour 100.

Le calcul donnait 4,87 pour 100, en admettant que, dans ces circonstances, le sel perdît une molécule d'eau.

En effet, on a

1 molécule d'acide sec..	1612,5	69,65
1 molécule de potasse..	589,9	25,48
1 molécule d'eau.......	112,5	4,87
	2314,9	100,00

Le *salycilate de baryte* s'obtient en faisant bouillir l'acide salycilique avec de l'eau et du carbonate de baryte artificiel; l'acide carbonique est expulsé, et le salycilate de baryte formé demeure en dissolution dans l'eau; en filtrant la liqueur bouillante et l'évaporant dans le vide sec, le salycilate de baryte se dépose sous la forme d'aiguilles courtes et soyeuses, qui se groupent ordinairement autour d'un centre commun. Au moyen d'une nouvelle cristallisation, on obtient un produit entièrement incolore et très-pur.

Le salycilate de baryte, séché par exposition à l'air libre, ne perd pas d'eau à 100 degrés dans le vide; vers 150 degrés, il perd la moitié de l'eau qu'il renferme, et se déshydrate complétement entre 212 et 215 degrés.

I. $0^{gr},568$ de salycilate de baryte cristallisé séché à l'air libre ont donné 0,399 de sulfate de baryte, ce qui correspond à 0,202 de baryte, ou 35,56 pour 100.

II. 1^{gr},148 du même sel séché à 150 degrés dans le vide sec m'ont donné 0,640 de sulfate de baryte, soit 0,419 de baryte, ou 36,49 pour 100.

De la première expérience on tire pour le poids de l'acide salycilique, combiné avec 1 équivalent de baryte, le nombre 1732, qui correspond à

C^{28}...	1050,0
H^{10}...	62,5
O^{5}...	500,0
	1612,5
	112,5
	1725,0

De la seconde on conclut, pour le poids de l'acide combiné, le nombre 1664, qui correspond à

C^{28}...	1050,0
H^{10}...	62,5
O^{5}...	500,0
	1612,5
	56,2
	1668,7

1^{gr},208 de ce dernier sel maintenu entre 210 et 215 degrés, jusqu'à ce qu'il ne perdît plus rien, ont présenté une différence de poids de 0^{gr},040, ce qui correspond à 3,39 pour 100, ou $\frac{1}{2}$ équivalent d'eau.

Le salycilate de baryte soumis à la distillation se décompose à une température assez élevée, en laissant dégager de l'hydrate de phényle qui cristallise immédiatement; il reste dans la cornue un mélange de carbonate de baryte et de charbon.

Le salycilate de baryte retient donc, comme on le voit, avec beaucoup de force, de l'eau qui semble jouer ici le rôle d'eau basique.

On a donc

$C^{28}H^{10}O^{5}$, BaO + HO pour le sel séché à la température ordinaire;
$C^{28}H^{10}O^{5}$, BaO + $\frac{1}{2}$ HO pour le sel séché à 150 degrés;
$C^{28}H^{10}O^{5}$, BaO pour le sel séché à 215 degrés.

Le *salycilate de chaux* se prépare de la même manière

que le salycilate de baryte ; il suffit de remplacer le carbonate de cette base par le carbonate de chaux.

Le salycilate de chaux est assez soluble dans l'eau, il possède une saveur amère et piquante. Sa dissolution, évaporée dans le vide, fournit des octaèdres d'une grande beauté, qui sont toujours très-nets et présentent quelquefois un volume très-considérable.

Ce sel, séché par exposition à l'air sec, ne perd pas d'eau à la température de 130 degrés.

I. $1^{gr},224$ de salycilate de chaux desséché par exposition à l'air sec m'ont donné 0,479 de sulfate de chaux, ce qui correspond à 0,198 de chaux, soit 16,17 pour 100.

On tire de là, pour le poids de l'acide salycilique à 1 équivalent de chaux, le nombre 1845, qui correspond à

C^{28}...	1050,0
H^{10}...	62,5
O^{6}....	500,0
	1612,5
	225,0
	1837,5

II. $0^{gr},465$ de ce même sel brûlé avec de l'oxyde de cuivre dans un courant de gaz oxygène m'ont donné 0,169 d'eau et 0,813 d'acide carbonique.

D'où l'on conclut, pour la composition en centièmes,

	Expérience.		Théorie.
Carbone ...	47,67	C^{28} . .	48,0
Hydrogène. .	4,03	H^{14}. ..	4,0
Oxygène....	32,13	O^{7} . ..	32,0
Chaux.. ...	16,17	Ca O. .	16,0
	100,00		100,0

III. $0^{gr},955$ de ce sel séché à 135 degrés m'ont donné 0,376 de sulfate de chaux, soit 0,156 de chaux, ou 16,3 pour 100.

On voit donc qu'à cette température ce sel ne perd pas d'eau. Le salycilate de chaux fournit à la distillation de l'eau, de l'hydrate de phénile, et laisse un résidu de carbonate de chaux mêlé de charbon.

Le *salycilate de magnésie* s'obtient en faisant bouillir

un mélange d'acide salycilique, d'eau et de magnésie caustique ou carbonatée ; ce sel est très-soluble et se dépose par évaporation dans le vide sous la forme d'aiguilles groupées autour d'un centre commun. Les cristaux s'accolent quelquefois, et forment une masse cohérente et très-dure. Ce sel se dissout facilement dans l'eau à la température ordinaire, et en proportion plus considérable à la température de l'ébullition.

Le *salycilate d'ammoniaque* s'obtient en saturant l'acide salycilique par de l'ammoniaque caustique, et faisant bouillir le mélange. La liqueur chaude étant suffisamment concentrée, laisse déposer par le refroidissement le sel ammoniacal sous forme d'écailles cristallines. Une dissolution plus étendue, abandonnée à l'évaporation spontanée, donne des aiguilles qui ont l'aspect satiné.

Les cristaux comprimés entre des doubles de papier buvard, jusqu'à ce que celui-ci cesse d'être mouillé, puis exposés pendant quelque temps à l'air sec, donnent à l'analyse les résultats suivants :

I. $0^{gr},466$ de matière ont donné 0,255 d'eau et 0,924 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},801$ du même produit ont donné 60 centimètres cubes d'azote à la température de 10 degrés et sous la pression de $0^{m},767$.

III. $0^{gr},439$ d'un autre échantillon ont donné 0,236 d'eau et 0,870 d'acide carbonique.

Ces résultats, traduits en centièmes, donnent :

	I.	II.	III.		Théorie.
Carbone...	54,07	"	54,04	C^{28}...	54,18
Hydrogène	6,07	"	5,98	H^{14}...	5,81
Azote......	"	8,94	"	Az^{2}...	9,03
Oxygène...	"	"	"	O^{6}...	30,98
					100,00

Le sel ammoniacal analysé est donc représenté par la formule

$$C^{28}H^{10}O^{6}Az^{2}H^{4}O = \frac{C^{28}H^{10}O^{6}}{(Az^{2}H^{8})};$$

Ce sel est très-soluble dans l'eau ; soumis à la distillation sèche, il se décompose : il se produit, dans cette circonstance, de l'eau et de la salycilamide, dont la formation s'explique facilement. On a, en effet,

$$\frac{C^{28}H^{10}O^{6}}{(Az^{2}H^{8})} = 2H^{2}O + \frac{C^{28}H^{10}O^{4}}{(Az^{2}H^{4})}.$$

Le *salycilate de plomb* s'obtient en faisant bouillir l'acide salycilique avec de l'eau et du carbonate de plomb, filtrant la liqueur bouillante et l'abandonnant au refroidissement ; le salycilate se dépose bientôt sous la forme d'aiguilles satinées très-brillantes.

Lorsqu'on verse une dissolution concentrée de salycilate de potasse ou d'ammoniaque dans une dissolution également concentrée d'acétate de plomb, il se forme un précipité blanc cristallin qui, lavé, puis repris par l'eau bouillante, se dissout, et donne, par le refroidissement, des cristaux d'une grande netteté. Ce sel contient de l'eau et présente une transparence parfaite ; lorsqu'on le sèche dans le vide, à une température supérieure à 100 degrés, il perd de l'eau, et les cristaux deviennent d'un blanc mat et entièrement opaques.

Le sel cristallisé donne à l'analyse les résultats suivants :

I. $0^{gr},610$ de salycilate de plomb ont donné 0,370 de sulfate de plomb, ce qui représente 0,272 d'oxyde de plomb, soit 44,59 pour 100.

II. $0^{gr},355$ de ce sel ont donné par la combustion avec l'oxyde de cuivre 0,080 d'eau et 0,439 d'acide carbonique.

Ces résultats, étant traduits en centièmes, donnent :

	I.	II.		Théorie.	
Carbone.........	"	33,72	C^{28}...	1050,0	33,66
Hydrogène.......	"	2,50	H^{12}...	75,0	2,43
Oxygène.........	"	"	O^{6}...	600,0	19,23
Oxyde de plomb..	44,59	"	PbO..	1394,0	44,68
				3119,0	100,00

III. $1^{gr},120$ de salycilate de plomb cristallisé ont perdu, par leur exposition dans le vide à une température comprise entre 140 et 150 degrés, 0,041, soit 3,65 pour 100, ce qui correspond à 1 molécule d'eau.

En effet, le calcul indique une perte de 3,61 pour 100.

Lorsqu'on verse du nitrate d'argent dans une dissolution aqueuse de salycilate d'ammoniaque, il se forme un précipité d'un blanc éclatant, qu'on purifie par quelques lavages à l'eau froide. Ce sel se dissout en petite quantité dans l'eau bouillante, et se dépose, par le refroidissement, sous forme de petites aiguilles transparentes et très-brillantes.

Soumis à l'analyse, ce composé m'a donné les résultats suivants :

I. $0^{gr},630$ de salycilate d'argent m'ont donné 0,120 d'eau et 0,791 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},500$ du même produit m'ont donné 0,218 d'argent métallique, ce qui représente 0,234 d'oxyde d'argent.

On déduit de là, pour la composition en centièmes,

	I.	II.	Théorie.	
Carbone......	34,24	"	C^{28}...	34,29
Hydrogène....	2,11	"	H^{10}...	2,04
Oxygène......	"	"	O^{6}....	16,32
Oxyde d'argent.	"	46,80	AgO..	46,35

Ce sel est donc anhydre et représenté par la formule

$$\frac{C^{28}H^{10}O^{6}}{Ag}.$$

Action du brome sur l'acide salycilique. — Lorsqu'on verse du brome goutte à goutte sur l'acide salycilique réduit en poudre fine, la masse s'échauffe d'une manière notable, et l'on observe un dégagement d'acide bromhydrique mêlé de vapeurs de brome. Si l'on broie la matière après chaque addition de brome, afin que le contact entre les produits réagissants soit bien intime, et qu'on arrête l'action avant que tout l'acide salycilique ait été attaqué, on obtient une substance à peine jaunâtre : celle-ci renferme un acide bromé mêlé à une petite quantité d'acide salycilique, dont on peut le débarrasser en lavant le mélange à

plusieurs reprises avec de l'alcool froid employé chaque fois en faible proportion. Le résidu repris par l'alcool bouillant se dissout entièrement, et la liqueur, abandonnée à l'évaporation spontanée, laisse déposer l'acide bromé sous forme de petits prismes durs et brillants. Cet acide dérive de l'acide salycilique par la substitution de 1 équivalent de brome à 1 équivalent d'hydrogène. Je le désignerai sous le nom d'*acide monobromosalycilique*.

Si, au lieu d'opérer ainsi que je viens de le rapporter, on ajoute à l'acide salycilique un excès de brome jusqu'à ce qu'il ne se manifeste plus aucune réaction, et qu'on laisse quelques heures les deux corps en contact, on obtient un produit unique qu'on purifie à l'aide de lavages à l'eau qui enlèvent l'excès de brome, puis au moyen de plusieurs cristallisations dans l'alcool. Cette nouvelle matière, qui présente une assez grande stabilité, renferme en équivalents une quantité de brome double de la précédente.

Si l'on réduit cette matière en poudre fine, qu'on la place dans un flacon avec un grand excès de brome, puis qu'on expose ce mélange à l'action des rayons solaires, elle perd peu à peu de l'hydrogène et gagne une quantité proportionnelle de brome. Après un contact de vingt-cinq à trente jours sous l'influence d'une insolation assez forte, j'arrêtai l'action, j'enlevai l'excès de brome au moyen de l'eau, puis je purifiai la matière débarrassée du brome excédant à l'aide de plusieurs cristallisations dans l'alcool. Il se sépara de petits prismes jaunâtres très-friables, qui présentent sensiblement la composition d'un acide tribromosalycilique.

ACIDE MONOBROMOSALYCILIQUE.

J'ai dit plus haut dans quelles circonstances cet acide prend naissance, et par quels moyens on peut le purifier.

Ainsi préparé, cet acide se présente sous la forme de prismes incolores très-brillants, qui présentent quelque

ressemblance avec l'acide salycilique. Il est très-peu soluble dans l'eau, même bouillante ; l'alcool le dissout assez bien, surtout à chaud : il en est de même de l'éther. Cet acide fond à une température peu élevée. Soumis à la distillation, il s'altère. Si on le broie avec du sable fin, auquel on ajoute une petite quantité de baryte caustique, et qu'on chauffe ce mélange dans un vase distillatoire, il se dégage une vapeur épaisse qui se condense dans le récipient en un liquide rougeâtre, qui devient complétement incolore lorsqu'on le distille de nouveau sur un mélange de sable et de baryte. Dans cette réaction, 4 molécules de carbone s'unissent à 4 molécules d'oxygène pour former de l'acide carbonique qui devient libre, et le produit huileux présente une composition telle, comme nous le verrons plus bas, qu'on peut le considérer comme de l'hydrate de phényle dans lequel 1 équivalent d'hydrogène aurait été remplacé par 1 équivalent de brome.

L'acide monobromosalycilique forme, avec la potasse, la soude et l'ammoniaque, des sels cristallisables qui sont moins solubles que les salycilates correspondants. Il donne, avec les sels de peroxyde de fer, cette couleur violette caractéristique que produit l'acide salycilique.

L'acide monobromosalycilique donne à l'analyse les résultats suivants :

I. 0gr,468 de matière m'ont donné 0,109 d'eau et 0,683 d'acide carbonique.

II. 0gr,522 du même produit ont donné 0,126 d'eau et 0,762 d'acide carbonique.

III. 0gr,966 de matière m'ont donné 0,836 de bromure d'argent, ce qui représente 0,368 de brome.

Ces résultats, traduits en centièmes, donnent :

	I.	II.	III.		Théorie.
Carbone...	39,75	39,80	"	C^{28}...	39,08
Hydrogène.	2,58	2,66	"	H^{10}...	2,72
Brome.....	"	"	36,02	Br^{2}...	36,28
Oxygène...	"	"	"	O^{6}....	22,32
					100,0

Ces analyses présentent un excès de carbone et d'hydrogène, ce qui tient à la difficulté qu'on éprouve à séparer complétement tout l'acide salycilique non attaqué.

Le produit huileux obtenu par la distillation de cet acide sur le mélange de sable et de baryte fournit à l'analyse les résultats suivants :

I. $0^{gr},430$ de matière m'ont donné 0,139 d'eau et 0,683 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},622$ de matière m'ont donné 0,667 de bromure d'argent, ce qui représente 0,279 de brome.

Ces nombres, ramenés en centièmes, donnent :

	I.	II.		Théorie.
Carbone...	43,30	"	C^{24}...	42,12
Hydrogène.	3,57	"	H^{10}...	2,93
Brome. . .	"	44,85	Br^{2}...	45,61
Oxygène...	"	"	O^{2}. ..	9,36
				100,00

Ici, comme précédemment, on observe un excès très-notable de carbone et d'hydrogène, ce qui tient très-probablement à la présence d'une très-petite quantité d'hydrate de phényle provenant de la décomposition que subit l'acide salycilique dans cette circonstance.

La production de ce dernier composé, que je désignerai sous le nom d'*acide bromophénasique*, peut s'expliquer d'une manière très-simple. En effet, on a :

$$\begin{matrix} C^{28} H^{10} O^{6} \\ Br^{2} \end{matrix} - 2(C^{2}O^{2}) = \begin{matrix} C^{24} H^{10} O^{2} \\ Br^{2} \end{matrix}.$$

L'acide monobromosalycilique, appartenant au même type que l'acide salycilique, éprouve une décomposition analogue à celle que présente ce dernier lorsqu'il est soumis aux mêmes influences destructives, et doit nécessairement fournir un produit du même type que l'hydrate de phényle.

ACIDE BIBROMOSALYCILIQUE.

Nous avons vu que cet acide se produit avec facilité lorsqu'on fait agir sur l'acide salycilique un excès de brome. Il faut avoir soin, dans sa préparation, de broyer la matière

avec soin avant chaque nouvelle addition de brome, afin que l'attaque soit complète. Dès que la réaction est terminée, il faut jeter la matière réduite en poudre fine sur un filtre, puis la laver à grande eau. On la fait ensuite bouillir avec de l'ammoniaque jusqu'à dissolution complète. Par le refroidissement, le sel ammoniacal se dépose sous la forme d'aiguilles minces et brillantes. Les cristaux étant redissous dans l'eau, si l'on ajoute à la dissolution de l'acide chlorhydrique, il se forme un dépôt blanc, qui bien lavé est repris par l'alcool bouillant. La liqueur alcoolique, étant abandonnée à l'évaporation, laisse déposer l'acide bibromosalycilique sous forme de cristaux qui présentent la forme de prismes raccourcis.

A l'état de pureté, cet acide est incolore ou d'un jaune très-légèrement rosé; il est à peine soluble dans l'eau, assez soluble dans l'alcool, plus soluble encore dans l'éther.

Il fond à la température de 150 degrés environ. Les sels qu'il forme avec la potasse, la soude et l'ammoniaque sont encore moins solubles que ceux de l'acide monobromosalycilique.

Distillé à deux ou trois reprises sur du sable mêlé d'une petite quantité de baryte, il éprouve une décomposition complète et donne une matière huileuse qui cristallise par le froid.

L'acide sulfurique le dissout à l'aide d'une douce chaleur, l'eau le précipite de cette dissolution.

L'acide azotique à 36 degrés le dissout facilement à l'aide de l'ébullition, il se dégage des vapeurs rutilantes mêlées de brome, il se dépose par le refroidissement une matière jaune cristallisée qui présente les caractères de l'acide picrique.

Soumis à l'analyse, ce composé m'a donné les résultats suivants :

I. $0^{gr},434$ de matière ont donné 0,070 d'eau et 0,464 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},529$ de matière ont donné 0,077 d'eau et 0,562 d'acide carbonique.

III. $0^{gr},446$ de matière ont donné 0,563 de bromure d'argent, ce qui représente 0,236 de brome.

IV. $0^{gr},508$ d'un second échantillon préparé avec beaucoup de soin et purifié par plusieurs cristallisations dans l'alcool, ont donné 0,072 d'eau et 0,527 d'acide carbonique.

V. $0^{gr},500$ du même produit ont donné 0,639 de bromure d'argent, ce qui représente 0,268 de brome.

VI. $0^{gr},442$ du même produit ont donné 0,060 d'eau et 0,460 d'acide carbonique.

Ces résultats, traduits en centièmes, donnent :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.		Théorie.
Carbone....	29,15	28,96	"	28,25	"	28,29	C^{28}...	28,4
Hydrogène..	1,78	1,62	"	1,56	"	1,51	H^{8}...	1,4
Brome.....	"	"	52,89	"	53,5	"	Br^{4}...	53,4
Oxygène....	"	"	"	"	"	"	O^{6} ...	16,8
								100,0

Cet acide dérive donc, comme on le voit, de l'acide salycilique par la substitution de 2 équivalents de brome à 2 équivalents d'hydrogène.

ACIDE TRIBROMOSALYCILIQUE.

Nous avons vu que l'acide précédent, par un contact prolongé avec le brome, perd, sous l'influence de la lumière solaire, un troisième équivalent d'hydrogène qu'il échange contre un équivalent de brome. On arrive difficilement à se procurer un produit d'une pureté parfaite.

L'acide bibromosalycilique est très-stable; ce composé se forme de préférence à tout autre lorsqu'on fait agir le brome sur l'acide salycilique et ses dérivés; néanmoins, en exposant cet acide à l'action simultanée du brome et d'une vive insolation pendant un espace de vingt-cinq à trente jours, j'ai réussi à produire un composé qui présente une composition et des réactions telles qu'on doit le considérer comme l'acide tribromosalycilique. Quand, au bout du temps indiqué, on arrête la réaction, puis qu'on lave le produit brut à plusieurs reprises avec de l'eau distillée, afin d'enlever l'excès de brome, on obtient une substance jaunâtre qu'on

peut purifier en la faisant cristalliser deux ou trois fois dans l'alcool à 0,80.

L'acide, ainsi purifié, se présente sous la forme de petits prismes jaunâtres, très-durs, faciles à réduire en poudre. Il est insoluble dans l'eau, assez soluble dans l'alcool, très-soluble dans l'éther. Il forme, avec la potasse, la soude et l'ammoniaque, des sels cristallisables et peu solubles à froid. La dissolution du sel ammoniacal donne, avec les sels d'argent, un précipité orangé foncé, et avec les sels de plomb un précipité jaune.

L'acide sulfurique concentré le dissout à l'aide d'une douce chaleur. L'acide azotique l'attaque à l'aide de l'ébullition, il se dégage un mélange de brome et de vapeurs rutilantes, et l'on obtient une matière jaune cristallisée.

Distillé à deux ou trois reprises avec du sable mêlé d'une petite quantité de baryte caustique, il se décompose entièrement, de l'acide bromhydrique devient libre, et il se condense un produit solide souillé par une matière huileuse; le produit solide possède la composition et les propriétés de l'acide bromophénisique.

L'acide tribromosalycilique donne à l'analyse les résultats suivants :

I. 0gr,468 d'un premier échantillon ont donné 0,052 d'eau et 0,412 d'acide carbonique.

II. 0gr,672 du même produit ont donné 1,017 de bromure d'argent, ce qui représente 0,427 de brome.

III. 0gr,565 d'un second échantillon ont donné 0,062 d'eau et 0,498 d'acide carbonique.

IV. 0gr,399 du même produit ont donné 0,613 de bromure d'argent, ce qui représente 0,255 de brome.

On tire de là pour la composition en centièmes :

	I.	II.	III.	IV.		Théorie.
Carbone...	24,00	"	24,09	"	C^{14}...	22,9
Hydrogène.	1,23	"	1,24	"	H^6...	0,8
Brome....	"	63,54	"	63,91	Br^6...	63,7
Oxygène...	"	"	"	"	O^6....	12,6
						100,0

Ici nous retrouvons encore un excès de carbone et d'hydrogène, ce qui tient à l'impossibilité de séparer de l'acide tribromé la petite quantité d'acide bibromé qui l'accompagne. Nous avons dit plus haut que cet acide, distillé à plusieurs reprises avec du sable, donnait, entre autres produits, de l'acide bromophénisique; les analyses suivantes ne laissent aucun doute à cet égard.

I. $0^{gr},562$ de matière m'ont donné 0,061 d'eau et 0,468 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},542$ du même produit ont donné 0,926 du bromure d'argent, ce qui représente 0,388 de brome.

On tire de là pour la composition en centièmes :

	I.	II.		Théorie.
Carbone...	22,65	"	C^{24}...	22,15
Hydrogène.	1,19	"	H^{6}...	0,92
Brome.....	"	71,60	Br^{6}...	72,00
Oxygène...	"	"	O^{2}...	4,93
				100,00

De plus, il donne avec les sels d'argent et de cuivre, les réactions caractéristiques que lui assigne M. Laurent dans son beau Mémoire sur l'hydrate de phényle.

Action du chlore sur l'acide salycilique. — Le chlore se comporte avec l'acide salycilique de la même manière que le brome. Si l'acide salycilique est en excès, on obtient de l'acide monochlorosalycilique qu'on a de la peine à séparer entièrement d'une petite quantité d'acide salycilique; si le chlore est en excès, au contraire, on obtient de l'acide bichlorosalycilique qui, de même que l'acide bibromosalycilique, possède une assez grande stabilité, et qu'on peut, par cette raison, obtenir à l'état de pureté. Je n'ai pas cherché à produire l'acide trichlorosalycilique; l'existence de l'acide bromé correspondant semble bien indiquer, en effet, que, par un contact prolongé avec le chlore, sous l'influence des rayons solaires, l'acide trichloré prendrait naissance.

L'acide salycilique $C^{28}H^{12}O^{6}$ perd, comme on le voit,

avec une extrême facilité, 2 molécules d'hydrogène qu'il échange contre du chlore ou du brome; à partir de ce terme, il présente une résistance assez grande à l'action des corps déshydrogénants, qu'on ne peut parvenir à vaincre que par un contact prolongé, et en aidant en outre la réaction par la radiation solaire.

L'hydrogène semble donc exister à plusieurs états différents dans une substance organique donnée, et ce qui le prouve, c'est que tandis que celle-ci, sous l'influence de corps avides d'hydrogène, perd un certain nombre de molécules de cet élément, elle n'en perd une nouvelle qu'avec une extrême difficulté.

On ne connaît jusqu'à présent aucune règle qui puisse indiquer à priori quel est, parmi les différents produits dérivés d'une substance par substitution, celui qui doit présenter le plus de stabilité, et se former, par conséquent, de préférence à tout autre; de plus, l'analogie ne saurait ici nous mettre sur la voie.

Ainsi l'hydrure de salycile, l'acide salycilique et l'hydrate de phényle sont trois composés qui dérivent l'un de l'autre d'une manière simple, le second par oxydation du premier, le troisième par la séparation de 2 molécules d'acide carbonique du second; tous trois renferment la même proportion d'hydrogène : eh bien, tandis que le chlore employé en excès n'enlève en un temps donné que 1 molécule d'hydrogène à l'hydrure de salycile, il en enlève, dans les mêmes circonstances, 2 à l'acide salycilique, et 3 à l'hydrate de phényle.

L'acide anisique nous offrira des résultats tout semblables; tandis qu'il ne perd que 1 équivalent d'hydrogène sous l'influence du chlore ou du brome, l'anisole qui en dérive, par la perte de 2 molécules d'acide carbonique perd, au contraire, 2 équivalents d'hydrogène.

Ces faits, et beaucoup d'autres que je pourrais rapporter, montrent clairement que pour les substances mêmes les

plus voisines l'une de l'autre, celles qui appartiennent à une même famille, l'analogie ne saurait rien faire préjuger.

Action du chlore sur le salycilate de potasse. — Lorsqu'on fait passer du chlore bulle à bulle dans une dissolution de salycilate de potasse moyennement concentrée, la liqueur prend une teinte brune, et bientôt il se forme un dépôt de couleur gris foncé. Si, lorsque celui-ci commence à apparaître, on sature la liqueur par un acide, il se précipite une substance blanche qui, lavée à l'eau, puis reprise par l'alcool, se sépare de ce dissolvant sous forme d'aiguilles fines ; c'est un acide chloré qui se rapproche par sa composition de l'acide monochlorosalycilique, mais qu'il est très-difficile d'obtenir dans un état de pureté convenable. Si, au lieu d'opérer ainsi, on continue de faire agir le courant du chlore sur la dissolution du sel de potasse, en arrêtant seulement l'action lorsque le dépôt ne paraît plus augmenter sensiblement, puis qu'on jette la matière sur un filtre, et qu'on la lave jusqu'à ce que les eaux de lavage ne passent plus colorées, on obtient en dernier lieu une masse grisâtre. Celle-ci se dissout facilement à l'aide de l'ébullition dans l'eau à laquelle on ajoute environ un tiers de son volume d'alcool à 36 degrés; et, par le refroidissement, elle se sépare peu à peu sous la forme d'aiguilles cristallines, d'un blanc gris. A l'aide de deux ou trois cristallisations dans de l'alcool très-affaibli, on obtient un produit presque complétement incolore. C'est un sel de potasse contenant un acide chloré dérivé de l'acide salycilique, par la substitution de 2 équivalents de chlore à 2 équivalents d'hydrogène; c'est du bichlorosalycilate de potasse. Ce corps présente entièrement l'aspect du bichlorosalycilate de méthylène, et nous verrons dans un instant que sa composition s'en rapproche singulièrement; ces deux composés ne diffèrent, en effet, l'un de l'autre qu'en ce que 1 équivalent de potassium remplace 1 équivalent de méthylium.

Le sel de potasse ainsi préparé étant dissous dans l'eau,

puis décomposé par l'acide chlorhydrique, laisse déposer une matière blanche qui se dissout facilement dans l'alcool à 0,80. Si la dissolution est très-concentrée, l'acide se dépose, par le refroidissement, sous la forme d'aiguilles ou d'écailles. Si la dissolution est étendue et abandonnée à l'évaporation spontanée, l'acide cristallise en octaèdres bien déterminés, durs, et qu'on peut facilement réduire en poudre. Cet acide forme avec la potasse et l'ammoniaque des sels neutres peu solubles; il produit, dans les sels de plomb et d'argent, des précipités blancs abondants.

Il se dissout en petite quantité dans l'eau à la température de l'ébullition; par le refroidissement, il se sépare sous forme d'aiguilles très-fines. L'alcool le dissout très-facilement, il en est de même de l'éther; ce dernier liquide le dissout même en plus forte proportion.

L'acide sulfurique le dissout à l'aide d'une douce chaleur, et l'abandonne en partie par le refroidissement. L'acide azotique concentré l'attaque avec facilité à l'aide de l'ébullition, il finit par le dissoudre, et laisse déposer par le refroidissement de belles lames jaunes.

Distillé à deux ou trois reprises sur du sable mêlé d'une petite quantité de baryte ou de chaux caustique, il se décompose entièrement et se transforme en acide chlorophénésique.

L'acide bichlorosalycilique ainsi obtenu, donne à l'analyse les résultats suivants :

I. $0^{gr},414$ d'un premier échantillon ont donné 0,080 d'eau et 0,619 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},4065$ du même échantillon ont donné 0,563 de chlorure d'argent, ce qui représente 0,138 de chlore, soit 34,13 pour 100.

III. $0^{gr},495$ d'un autre échantillon ont donné 0,095 d'eau et 0,740 d'acide carbonique.

IV. $0^{gr},502$ du même produit ont donné 0,094 d'eau et 0,749 d'acide carbonique.

V. $0^{gr},510$ du même produit ont donné 0,710 de chlorure d'argent, ce qui représente 0,175 de chlore, soit 34,31 pour 100.

VI. 0gr,585 d'un autre échantillon ont donné 0,112 d'eau et 0,582 d'acide carbonique.

VII. 0gr,388 du même produit ont donné 0,072 d'eau et 0,582 d'acide carbonique.

VIII. 0gr,522 du même échantillon ont donné 0,724 de chlorure d'argent, ce qui représente 0,1785 de chlore, soit 34,18 pour 100.

Ces résultats, traduits en centièmes, conduisent aux nombres suivants :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Carbone....	40,77	"	40,77	40,68	"	40,65	40,91	"
Hydrogène..	2,14	"	2,13	2,07	"	2,12	2,00	"
Chlore.....	"	34,13	"	"	34,31	"	"	34,18
Oxygène....	"	"	"	"	"	"	"	"

et s'accordent, comme on voit, avec la formule

C^{28}...	1050,0	40,62
H^{8}....	50,0	1,94
Cl^{4}...	885,2	34,24
O^{6}....	600,0	23,20
	2585,2	100,00

Le chlorosalycilate de potasse, obtenu par l'action du chlore sur le salycilate de potasse, se présente sous la forme de petites aiguilles d'un blanc grisâtre. Il se dissout dans l'eau bouillante et se dépose, par le refroidissement, sous forme cristalline; il se dissout avec plus de facilité dans l'eau alcoolisée. Ce sel m'a donné les résultats suivants :

I. 0gr,798 de ce sel séché à 100 degrés dans le vide sec m'ont donné 0,282 de sulfate de potasse, ce qui représente 0,152 de potasse, soit 19,24 pour 100.

On déduit de là, pour le poids atomique de l'acide, 2476.

II. 0gr,470 du même sel ont donné 0,552 de chlorure d'argent, soit 0,136 de chlore, ce qui fait 28,39 pour 100.

Le calcul donne :

C^{28}......	1050,0	34,40
H^{6}......	37,5	1,23
Cl^{4}......	885,2	28,68
O^{5}.......	500,0	16,43
KO......	590,0	19,26
	3062,7	100,00

Le liquide brun, d'où le bichlorosalycilate a été séparé au moyen du filtre, étant soumis à l'action d'un courant de chlore, jusqu'à refus, la liqueur se décolore, et il se précipite une substance rougeâtre, analogue, pour l'aspect, au sulfure d'antimoine obtenu par précipitation. Cette matière, lavée à l'eau distillée jusqu'à ce qu'elle ne cède plus rien à ce liquide, étant reprise par l'alcool, laisse déposer, par l'évaporation, de petits prismes durs, d'un jaune orange. Ces cristaux ayant été séchés dans le vide, puis soumis à l'analyse, m'ont donné les résultats suivants :

I. $0^{gr},360$ de matière m'ont donné 0,058 d'eau et 0,535 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},392$ du même produit ont donné 0,548 de chlorure d'argent, ce qui représente 0,135 de chlore, soit 34,43 pour 100.

Ces résultats, traduits en centièmes, donnent :

	I.	II.	Théorie.
Carbone...	40,48	"	40,62
Hydrogène.	1,79	"	1,94
Chlore....	"	34,43	34,24
Oxygène...	"	"	23,20
			100,00

Ce produit possède donc exactement la composition de l'acide bichlorosalycilique. La matière brute d'où se sont séparés les cristaux est très-fusible, possède une couleur assez brune, et cristallise d'une manière très-confuse. Soumise à l'analyse, elle m'a donné des résultats qui s'accordent avec la formule de l'acide chlorophénisique.

Ce produit en diffère complétement néanmoins par les propriétés. Soumis à la distillation sèche, il fournit une quantité très-notable d'acide chlorophénisique pur, doué de toutes les propriétés que lui a assignées M. Laurent.

Nous verrons tout à l'heure que le brome, en réagissant sur le salycilate de potasse, produit des phénomènes semblables.

Action du brome sur le salycilate de potasse. — Le

brome exerce sur le salicylate de potasse une action toute semblable à celle du chlore. En effet, si l'on fait tomber goutte à goutte dans une solution concentrée de ce sel une dissolution aqueuse de brome, ce corps est entièrement absorbé, et la température du mélange s'élève notablement.

Bientôt il se sépare un dépôt cristallin assez abondant, que l'analyse me fit bientôt reconnaître pour être du bibromosalycilate de potasse. En décomposant la dissolution aqueuse de ce sel par l'acide chlorhydrique, on obtient l'acide bromé.

Celui-ci, purifié par d'abondants lavages à l'eau distillée, se sépare de sa dissolution alcoolique sous forme de cristaux prismatiques incolores. A peine soluble dans l'eau, il se dissout facilement dans l'alcool et surtout dans l'éther.

Il forme, avec la potasse et l'ammoniaque, des sels peu solubles et cristallisables, et des sels insolubles avec les oxydes métalliques proprement dits.

Soumis à l'analyse, il m'a donné les résultats suivants :

I. $0^{gr},564$ de matière m'ont donné 0,081 d'eau et 0,583 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},420$ du même produit m'ont donné 0,535 de bromure d'argent, ce qui représente 0,225 de brome, soit 53,56 pour 100.

III. $0^{gr},522$ m'ont donné 0,070 d'eau et 0,541 d'acide carbonique.

Ces résultats, traduits en centièmes, donnent :

	I.	II.	III.	Théorie.
Carbone...	28,16	"	28,22	28,4
Hydrogène.	1,59	"	1,49	1,4
Brome.....	"	53,56	"	53,4
Oxygène...	"	"	"	16,8
				100,0

Si, au lieu d'opérer ainsi, on ajoute à la dissolution du salycilate de potasse un léger excès de potasse caustique, puis qu'on ajoute du brome jusqu'à refus, une action très-vive s'établit, la liqueur se décolore, de l'acide carbonique se dégage, et bientôt il se précipite une matière rougeâtre, ana-

logue, pour l'aspect, au sulfure d'antimoine obtenu par précipitation. Cette substance, bien lavée à l'eau distillée, ne se dissout ni dans l'ammoniaque liquide ni dans la potasse caustique, même à la température de l'ébullition : l'alcool concentré et bouillant ne la dissout pas davantage, elle se dissout, au contraire, avec une extrême facilité dans l'éther.

Soumise à une chaleur ménagée en vases clos, elle laisse dégager d'épaisses vapeurs blanches qui se condensent sur les parties froides sous forme d'aiguilles blanches et déliées, offrant l'aspect d'une moisissure. Ce dernier produit possède la composition et les propriétés de l'acide bromophénisique.

La matière rouge donne à l'analyse les résultats suivants :

I. 0gr,440 de matière ont donné 0,035 d'eau et 0,358 d'acide carbonique.

II. 0gr,305 du même produit m'ont donné 0,522 de bromure d'argent, ce qui représente 0,219 de brome, soit 71,80 pour 100.

Ces résultats, traduits en centièmes, donnent :

	I.	II.		
Carbone...	22,19	"	C^{24}...	22,15
Hydrogène.	0,88	"	H^{6}...	0,92
Brome.....	"	71,80	Br^{6}...	72,00
Oxygène...	"	"	O^{2}....	4,93
				100,00

Les analyses précédentes assignent donc, comme on voit, à ce produit une composition identique à celle de l'acide bromophénisique dont il diffère toutefois complétement par l'ensemble de ses propriétés.

Je dois signaler, en terminant, un fait d'un haut intérêt, savoir, la formation de l'acide salycilique au moyen de l'indigo pur : ce qui rend compte de la production de substances identiques, lorsque l'on fait agir certains réactifs sur des composés de la série indigotique et salycilique. Cette transformation s'opère, sous l'influence de la potasse solide, à une température supérieure à 300 degrés. L'expé-

rience ne réussit pas toujours très-bien : sur huit expériences que j'ai tentées, trois seulement ont été couronnées de succès. Si l'on dépasse la température convenable, la matière est détruite, et l'on obtient une substance brune; si on ne prolonge pas suffisamment l'action, on n'obtient que de l'acide anthranilique.

En formulant l'indigo

$$C^{32}H^{10}Az^{2}O^{2}$$

à la manière de M. Dumas

$$\begin{array}{l} C^{28}H^{10}O^{2}, \\ C^{4}\ Az^{2} \end{array}$$

on aurait pour la première action de la potasse hydratée

$$\begin{array}{l} C^{28}H^{10}O^{2} \\ C^{4}\ Az^{2} \end{array} + 2H^{2}O = \underset{\text{Isatine.}}{\begin{array}{l} C^{28}H^{10}O^{4} \\ C^{4}\ Az^{2} \end{array}} + H^{4}.$$

On aurait ensuite

$$\underset{\text{Isatine.}}{\begin{array}{l} C^{28}H^{10}O^{4} \\ C^{4}\ Az^{2} \end{array}} + 4H^{2}O = \underset{\text{Acide anthranilique.}}{\begin{array}{l} C^{28}H^{10}O^{4} \\ Az^{2}H^{4} \end{array}} + C^{2}O^{2} + H^{4}.$$

Ce dernier produit se détruisant enfin, on aurait en dernier lieu

$$\underset{\text{Acide anthranilique.}}{\begin{array}{l} C^{28}H^{10}O^{4} \\ Az^{2}\ H^{4} \end{array}} + 2H^{2}O = \underset{\text{Acide salycilique.}}{C^{28}H^{12}O^{6}} + Az^{2}H^{4}.$$

Ce résultat, qu'on pouvait prévoir, établit un lien fort simple entre deux des familles organiques les mieux connues aujourd'hui : celle du salycile et celle de l'indigo.

Ainsi, pour résumer les faits précédents, nous dirons que l'acide salycilique est un type qui peut échanger de l'hydrogène contre des métaux simples, en fournissant une série de composés dans lesquels les propriétés fondamentales sont conservées. Sous l'influence de la chaleur, ils donnent un produit identique, l'hydrate de phényle.

Si l'on met à la place de l'hydrogène des métaux composés, tels que du méthylium, de l'éthylium, etc., on obtient des produits du même ordre, mais qui se dédoublent

sous l'influence de la chaleur, en donnant des composés qu'on peut considérer comme dérivés de l'hydrate de phényle, une molécule de méthylium ou d'éthylium remplaçant une molécule d'hydrogène.

Substitue-t-on de l'ammonium à de l'hydrogène, on obtient encore un composé analogue aux précédents; mais celui-ci, sous l'influence de la chaleur, se comporte de telle sorte que la moitié de l'hydrogène de l'ammonium s'unit à une quantité proportionnelle d'oxygène qui se dégage, et l'on obtient pour résidu, de la salycilamide qui ne rentre plus dans le type phényle.

Si l'on substitue du chlore ou du brome à l'hydrogène dans l'acide salycilique et ses dérivés, on forme de nouveaux produits qui, sous l'influence de la chaleur, se comportent comme les précédents en fournissant des dérivés du type phényle.

Enfin l'indigo, corps rapproché par sa composition de l'hydrure de salycile et de l'acide salycilique, se transforme en ce dernier produit sous l'influence de la potasse hydratée et de la chaleur.

Les faits qui font l'objet de ce travail ne sont pas isolés; l'acide anisique, qui se rapproche tant de l'acide salycilique par sa constitution moléculaire, se comporte d'une manière entièrement analogue, ainsi que je le démontrerai dans un prochain Mémoire.

DE L'INFLUENCE DU SEL SUR LA VÉGÉTATION;

PAR M. HENRI BRACONNOT.

Beaucoup de cultivateurs sont persuadés que le sel commun, répandu sur les terres, favorise la végétation et augmente les récoltes. Un de ces partisans du sel m'ayant assuré que son action était remarquable sur le colza, j'ai

cherché à vérifier jusqu'à quel point une semblable assertion pouvait être fondée.

J'ai d'abord essayé de faire germer des graines sur de la flanelle avec de l'eau contenant diverses porportions de sel, afin de reconnaître la dose à laquelle je pouvais l'employer avec quelque espoir de succès; car on sait que son action délétère sur la végétation était admise par les anciens, puisque la Bible dit qu'Abimélek sema du sel sur les ruines de Sichem, afin que ce sol ne produisît plus. Persuadé que des expériences en petit sont souvent plus concluantes que celles qu'on pourrait tenter sur une grande échelle, où les résultats sont influencés par des circonstances diverses, qu'il est si difficile d'apprécier, je me suis contenté de faire l'essai suivant :

Le 13 septembre, j'ai pris trois pots à fleurs ordinaires, numérotés 1, 2 et 3, dans chacun desquels j'ai mis 7 hectogrammes de terre prise dans un champ et préalablement bien desséchée; j'ai semé dans chaque pot douze graines de colza et cinq graines de pois de senteur (*Lathyrus odoratus*), qui se trouvait sous ma main.

Le n° 1 a été arrosé avec 2 décilitres d'eau de pluie, dans lesquels j'ai fait dissoudre 2 grammes de sel; le n° 2 a été arrosé avec la même quantité d'eau, ne contenant que 1 gramme de sel; enfin, le n° 3, avec une semblable quantité d'eau sans sel. Ces trois pots ont été placés dans une chambre à la même exposition.

Le 20 septembre suivant, j'ai comparé entre eux mes trois semis.

Le n° 1 n'a donné des signes de germination que dans deux graines de colza, et ces deux plantules avaient à peine 2 millimètres de hauteur; le n° 2 a offert huit plantes de colza, de 10 à 20 millimètres de hauteur; dans le n° 3, les douze graines de colza ont germé et produit des plantes hautes de 30 millimètres. Toutes les graines de pois de senteur ont poussé des tiges de 20 millimètres, tandis que

les mêmes graines des n°s 1 et 2 n'avaient encore donné aucun signe de germination. Le 9 octobre, mes plantes ayant réclamé un arrosement, je fis absorber à chacun des trois pots, de bas en haut, ainsi que cela se pratique, en horticulture, pour les plantes délicates, 1 décilitre d'eau sans aucun mélange de sel. Voici l'état dans lequel je les trouvais à cette époque. N° 1 : des douze graines de colza semées, six ont refusé de germer; celles qui ont réussi offraient de jeunes plantes de 4 centimètres de hauteur, elles étaient vigoureuses, malgré leur peu de développement; une seule graine de pois de senteur, qui a pu germer, n'a produit qu'une plante grêle qui n'avait pas 5 centimètres. N° 2 : trois graines de colza n'ont point germé, les neuf autres ont produit des plantes en bon état, hautes de 7 à 8 centimètres; trois graines de pois de senteur sont parvenues à germer, elles offraient des plantes élevées de 12 centimètres. N° 3 : les douze plantes de colza avaient une hauteur de 12 à 13 centimètres, et les cinq pois de senteur étaient élevés de 22 à 23 centimètres.

Le 19 octobre, les n°s 1, 2 et 3 ont reçu chacun un arrosement de bas en haut, avec 1 décilitre d'eau de pluie. Enfin le 25 octobre, ayant encore comparé ces plantes entre elles, j'ai trouvé que la moitié des graines de colza qui ont pu se développer dans le n° 1 offraient des plantes vigoureuses, mais courtes et trapues (1). La seule graine de pois de senteur qui a résisté au sel n'a produit qu'une plante faible et peu élevée.

Les plantes du n° 2 ont continué à croître avec vigueur, mais elles étaient évidemment surpassées en développement par celles du n° 3. J'ai remarqué que la terre contenue

(1) Ces plantes, bien lavées, étaient d'une saveur salée très-prononcée; elles avaient, en effet, accumulé dans leur séve une quantité remarquable de sel, ainsi que je m'en suis assuré après leur incinération, tandis qu'une quantité semblable des mêmes plantes développées sans sel n'a fourni qu'un léger résidu salin.

dans ce dernier pot perdait plus facilement son humidité que celle des n°s 1 et 2 ; ce que j'attribue, du moins en grande partie, à l'absorption et à la transpiration plus abondante des plantes qui ont végété sans l'intervention du sel.

Quelques agronomes ont avancé que le sel mélangé avec de la chaux offre des résultats plus décisifs pour favoriser la végétation que s'il était employé sans mélange, parce que, ajoutent-ils, il se produit du carbonate de soude qui possède une grande puissance fertilisante. J'ai semé des graines de colza et de pois de senteur, et les ai arrosées avec de l'eau alcalisée avec du carbonate de potasse ou de soude, et qui rappelait à peine au bleu le papier rougi par le tournesol ; mais les plantes qui en sont résultées ne m'ont pas paru plus élevées ni plus vigoureuses que celles que j'avais arrosées avec de l'eau pure. On pourra objecter que ces essais en petit ne sont ni assez multipliés ni assez suivis pour infirmer l'emploi que l'on fait du sel dans beaucoup de pays pour la grande culture ; mais on conviendra aussi que les faits qui ont rapport à celle-ci sont, en général, enveloppés de tant d'obscurité, qu'ils ne sont souvent guère mieux interprétés par les expérimentateurs que par les routiniers. Ce qui me paraît bien démontré, c'est que pour peu que sa quantité dépasse certaines limites, le sel empêche la germination ou la retarde très-sensiblement, en donnant naissance à des individus nains, qu'on pourrait comparer à ces jeunes animaux dont on a arrêté la croissance par l'usage des liquides alcooliques. Au surplus, les faits que je viens d'indiquer sont d'accord avec ceux que présentent les marais salés, où certaines plantes terrestres qui s'y propagent prennent un port si différent d'elles-mêmes, que des botanistes en ont fait quelquefois des espèces particulières. C'est ainsi, pour n'en citer qu'un exemple, que l'*Atriplex patula* prend un développement considérable, loin des terrains salifères de Dieuze, de Vic

et de Marsal, tandis que dans ceux-ci elle devient si petite et si trapue, qu'elle a été désignée, comme espèce distincte, sous le nom d'*Atriplex salina*.

J'ai cherché aussi à me rendre compte de l'influence que pouvait avoir l'eau salée sur les branches coupées. J'ai pris deux verres à vin de Champagne ; dans le premier, j'ai mis 8 centilitres d'eau de pluie, et dans le second une même quantité d'eau ne contenant que 1 pour 100 de sel commun. J'ai disposé dans chacun de ces vases un poids égal des branches fleuries suivantes : reine marguerite, seneçon élégant, corcopsis élégant, escholzie, phlox. Huit jours après, la plupart de ces plantes étaient en partie flétries; mais elles l'étaient beaucoup plus dans l'eau salée. Ce qui m'a paru bien plus remarquable, c'est que ces dernières, comme si elles avaient une répugnance marquée pour l'eau salée, ont refusé en quelque sorte de l'absorber, puisqu'après avoir mesuré cette eau qui était trouble et comme putréfiée, j'en ai encore retrouvé plus de 6 centilitres, malgré l'évaporation spontanée; tandis que, dans l'autre vase, les mêmes plantes ont absorbé toute l'eau de pluie, sauf un demi-centilitre qui n'était plus en contact avec la plupart d'entre elles et qui avait conservé toute sa limpidité. Que conclure de ce résultat si facile à vérifier, et qui semble en opposition avec d'autres faits connus? Admettra-t-on que, par une sorte de choix, les branches coupées absorbent de préférence l'eau pure à l'eau faiblement salée? mais on a déjà vu que les graines qui avaient pu parvenir à germer avec cette dernière ont produit des plantes, écourtées à la vérité, mais qui ont absorbé une quantité très-notable de sel.

D'ailleurs, il est bien démontré que les branches coupées absorbent indistinctement les poisons qu'on leur présente, tout aussi bien que les matières propres à les nourrir. En comparant entre eux les résultats que j'ai obtenus, je n'ai pas tardé à reconnaître la cause de cette anomalie apparente. En effet, j'ai dit que le résidu insignifiant d'eau de

pluie qui n'a pas été absorbé par les plantes qui y ont végété, a conservé sa limpidité, tandis que des plantes semblables, placées dans l'eau faiblement salée, n'ont pas sensiblement absorbé cette même eau, qui s'est troublée en donnant des signes non équivoques de putréfaction. J'ai remarqué aussi, en examinant l'extrémité des branches qui y plongeaient, que leur écorce était réduite en une sorte de putrilage, et que la coupe transversale du tissu ligneux semblait obstruée, ce qui a dû empêcher l'absorption, tandis que rien de semblable ne s'est présenté dans les mêmes plantes que j'avais fait végéter comparativement dans l'eau de pluie. Au reste, je crois devoir rappeler que cette qualité putréfiante du sel commun à petite dose n'était point inconnue aux anciens chimistes, puisque Bécher en parle dans ses ouvrages. Pringle a fait aussi des expériences, il y a environ un siècle, qui prouvent que le sel en petite quantité peut hâter la putréfaction; d'où ce médecin a conclu qu'il aide à la digestion par une vertu septique. C'est, je crois, à la même propriété qu'il faut attribuer la putridité qu'éprouvent certaines eaux douces par leur mélange avec l'eau salée, et ce n'est pas sans raison que le cultivateur Jeauffret, qui sans doute ignorait les expériences de Pringle, a prescrit dans la confection de ses fumiers artificiels le sel à petite dose. C'est ainsi que l'on comprendra l'action qu'il pourrait quelquefois exercer sur certains terrains. Je pense qu'on pourrait aussi s'en servir utilement pour accélérer le rouissage du chanvre.

Lettre de M. FARADAY *à* M. DUMAS *sur la liquéfaction des gaz.*

Je vous remercie de l'intérêt que vous portez à mes expériences. Quoiqu'elles m'occupent depuis six mois, elles seront bientôt rapportées. Vous vous souvenez des expériences de M. Aimé (*Annales de Chimie et de Phy-*

sique, 3e série, tome VIII, page 257), qui fit parvenir au fond de la mer divers gaz, ainsi soumis à une grande pression. Les résultats obtenus ne pouvaient pas être observés dans l'état de compression, et ils furent obtenus d'ailleurs à une température ordinaire. Vous vous rappelez aussi les expériences de M. Cagniard-Latour sur l'éther, par lesquelles il prouve qu'à une certaine température, les liquides se transforment en vapeur sans changer de volume.

Or, si ce point de liquéfaction est, comme il le paraît être, le plus bas possible avec les corps les plus volatils et les plus légers existant comme gaz, il n'y a que peu ou pas d'espoir de liquéfier des substances comme l'hydrogène, l'oxygène ou l'azote à aucune pression tant qu'ils seront maintenus à des températures ordinaires, car leur point de liquéfaction est très-probablement au-dessous de la température ordinaire, ou même d'une température considérablement abaissée.

Vous avez par là la clef de ma manière d'expérimenter.

J'ai cherché d'abord à obtenir une température très-basse, et, à cet effet, j'ai employé le bain d'acide carbonique solide et d'éther de M. Thilorier; mais, je m'en suis servi en le plaçant sous le récipient de la machine pneumatique. En y maintenant un vide continuel, j'abaissai tellement la température, que l'acide carbonique du bain n'était pas plus volatil que de l'eau à la température de 30 degrés centigrades, car le baromètre de la machine pneumatique était à 28pouces,2, le baromètre extérieur étant à 29,4.

Cette disposition terminée, j'ajustai ensemble, au moyen de bouchons et de robinets, de petits tubes de verre et de cuivre, de manière qu'avec le secours de deux pompes je pus forcer et comprimer différents gaz à une pression de 40 atmosphères, et en même temps les soumettre au froid intense obtenu sous la machine pneumatique et en examiner les effets. Comme je m'y attendais, le froid produisit

plusieurs résultats que la pression n'aurait jamais pu donner, et principalement dans la solidification des corps ordinairement gazeux. Je vous donne à la hâte ces divers résultats.

Vous vous rappelez les gaz qui ont déjà été condensés, et vous y avez, je crois, ajouté l'hydrogène arséniqué; il est probable, d'ailleurs, que M. Aimé a condensé le gaz oléfiant et l'acide fluosilicique. Voici mes derniers résultats.

Le *gaz oléfiant* est condensé en un beau liquide clair, incolore, transparent, mais il ne s'est pas solidifié; il dissout les corps résineux, les corps bitumineux et les corps huileux.

L'*acide hydriodique* pur peut être obtenu, soit à l'état solide, soit à l'état liquide. L'*acide hydriodique solide* est très-clair, incolore et transparent, en général avec quelques fissures qui traversent la masse; il ressemble beaucoup à de la glace.

L'*acide hydrobromique* peut aussi être obtenu, soit en liqueur limpide et incolore, soit en un corps solide, clair et transparent.

Ces deux acides exigent une distillation très-soignée, dans des vases clos, et sous une forte pression, pour être obtenus purs et incolores.

L'*acide fluosilicique* a été condensé à l'état liquide, mais il faut opérer à la plus basse température. Il est extrêmement liquide, et mobile comme de l'éther chaud. Il produit alors une pression de 9 atmosphères environ, et ne donne aucun signe de solidification. Il est transparent et incolore.

L'*acide fluoborique* et l'*hydrogène phosphoré* m'ont présenté quelques résultats de condensation.

L'*acide chlorhydrique* se liquéfie aisément, à moins de 1 atmosphère de pression, mais il ne se solidifie pas.

L'*acide sulfureux* gèle de suite, comme il fallait s'y attendre.

L'*hydrogène sulfuré* devient solide, et constitue alors

une masse blanche transparente cristalline, ressemblant plutôt à du nitrate d'ammoniaque congelé, ou à du camphre, qu'à de l'eau congelée.

L'*acide carbonique*, lorsqu'il passe ainsi de l'état liquide à l'état solide, sans être dispersé en neige, constitue une très-belle substance, transparente comme du cristal, de sorte que j'ai douté pendant quelques instants si le tube qui le renfermait était vide ou plein, et j'ai même été obligé, pour reconnaître la présence du corps solide, d'en fondre une partie. L'acide carbonique solide exerce une pression de 6 atmosphères, ce qui m'a prouvé combien facilement l'acide carbonique liquide doit devenir solide, lorsqu'il est lâché à l'air libre.

L'*oxyde de chlore* est une belle substance cristalline rouge-orangé, très-friable; elle ne présente aucun indice de puissance explosive.

Le *protoxyde d'azote* est un des gaz que j'avais déjà condensés autrefois. J'ai vu dans les journaux que M. Natterez a répété mes expériences en employant une pompe pour la compression, et qu'il a obtenu le liquide à l'air libre. Je l'ai également condensé en un liquide, au moyen de ma pompe; mais, de plus, je l'ai solidifié par le bain froid. Il constitue alors un beau corps cristallin transparent ou incolore; mais, dans cet état, sa vapeur ne fait pas équilibre à la pression de 1 atmosphère, et ce résultat s'accorde avec une autre expérience dans laquelle, ayant ouvert un vase contenant ce liquide, une partie s'en est évaporée, a refroidi le reste, mais ne l'a pas solidifié. Le froid produit par cette évaporation est très-grand, ce qui a été prouvé en mettant le tube et son contenu dans un bain d'acide carbonique solide et d'éther dans l'air. Ce bain, qui gèle d'une manière si instantanée le mercure, s'est comporté comme l'aurait fait un vase rempli de liquide chaud, et à l'instant il a fait violemment bouillir le protoxyde d'azote. D'après cela, je me dispose à employer le protoxyde d'azote liquide pour de

nouvelles expériences sur l'hydrogène, l'oxygène et l'azote; car, en plaçant un bain de ce protoxyde liquide dans une machine pneumatique, et en expulsant l'air et le gaz, nous pouvons placer le bain de protoxyde relativement à celui d'acide carbonique dans le vide dans le même rapport que ces deux bains observent dans l'air.

Le *cyanogène* gèle, comme l'a déjà prouvé Bussy.

L'*ammoniaque*, parfaitement pure et sèche, peut être obtenue comme une substance solide, blanche, cristalline et transparente, plus pesante que l'ammoniaque liquide, et ayant très-peu d'odeur, à cause de la faible tension de sa vapeur à cette température.

L'*hydrogène arséniqué* et le *chlore* ne passent pas de l'état liquide à l'état solide.

L'*alcool* devient épais comme de l'huile froide, mais ne cristallise pas, non plus que le *caoutchène*, le camphène et l'huile de térébenthine; mais ces corps deviennent visqueux.

Le *bioxyde d'azote* et l'*oxyde de carbone* n'ont donné aucun signe de liquéfaction à la plus basse température et à une pression de 30 à 35 atmosphères.

Tout en faisant ces observations générales, j'ai déterminé beaucoup de nombres relatifs au point de fusion de ces divers gaz, à leur tension à diverses températures, etc. Ces nombres trouveront place dans le Mémoire que je prépare à ce sujet, et où j'espère avoir quelque chose de nouveau à dire sur l'état que l'oxygène, l'azote ou l'hydrogène peuvent affecter en passant à l'état liquide. Ce dernier corps se montrera-t-il sous la forme métallique, comme vous le pensez? L'azote sera-t-il un métal ou bien conservera-t-il sa place parmi les corps non métalliques? C'est ce que l'expérience nous apprendra.

MÉTHODE DE SÉPARATION QUANTITATIVE DE L'ÉTAIN D'AVEC L'ANTIMOINE ;

PAR M. A. LEVOL.

La base de toute analyse chimique reposant essentiellement sur des propriétés opposées dans les éléments que l'on veut séparer, il en résulte que les composés doués de tendances chimiques très-rapprochées sont, par cela même, ceux dont l'analyse offre les plus grandes difficultés.

L'antimoine et l'étain présentent au plus haut degré cette particularité dans leurs combinaisons. On n'a jusqu'ici, à ma connaissance du moins, indiqué aucune méthode pour effectuer réellement la réparation quantitative de ces deux métaux, et les procédés actuels qui donnent les moyens d'en connaître les proportions laissent cependant, il faut le dire, quelque chose à désirer, puisqu'ils ne permettent d'obtenir isolément que l'antimoine et jamais l'étain.

Obtenir le contenu d'étain comme celui d'antimoine serait, sans contredit, arriver à une solution plus satisfaisante d'un problème fréquent, aujourd'hui que l'industrie confectionne un grand nombre d'ustensiles avec des alliages d'antimoine et d'étain connus dans le commerce sous les noms bizarres de *métal d'Alger, de wolfram*, etc.; or, voici comment on peut obtenir un pareil résultat.

Étant donné, je suppose, un alliage de cette nature; après l'avoir réduit en lame mince, on en traite à chaud une certaine quantité (2 grammes suffisent) par l'acide chlorhydrique; après quelques minutes d'ébullition, on ajoute, par petites quantités à la fois, une solution aqueuse saturée de chlorate de potasse, jusqu'à disparition complète de l'alliage; on précipite ensuite les deux métaux pêle-mêle et complétement, au moyen d'un barreau de zinc distillé; puis, ce barreau ayant été séparé du précipité avec les soins convenables pour ne rien perdre, on ajoute, sans éliminer

le chlorure de zinc, de l'acide chlorhydrique concentré en quantité à peu près égale à celle qui avait été employée primitivement pour dissoudre l'alliage, et l'on fait bouillir afin de redissoudre l'étain. Lorsque l'action est épuisée, c'est-à-dire lorsqu'il ne reste plus que l'antimoine, ce qui a toujours lieu après une heure d'ébullition, ce métal se présente alors sous forme d'une poudre noirâtre très-ténue; on la recueille sur un filtre équilibré, et l'on peut immédiatement extraire l'étain des liqueurs par l'hydrogène sulfuré.

C'est également à l'aide de l'acide chlorhydrique que M. Chaudet, auquel est dû l'un des procédés actuels, sépare l'antimoine d'avec l'étain; mais, en agissant, comme il le fait, sur l'alliage des deux métaux, une addition d'étain est alors nécessaire, d'après ses expériences, pour que le *départ* puisse être exact, toutes les fois que l'antimoine y existe dans un plus grand rapport que 1 à 20 d'étain, ce qui arrive assez généralement et suppose d'ailleurs que l'on ait fait au préalable une analyse approximative. En opérant, au contraire, comme je viens de l'indiquer, non plus sur un alliage, mais bien sur un simple mélange mécanique formé de particules incohérentes récemment précipitées, il est facile d'arriver au même résultat sans cette addition qui s'oppose à la détermination intrinsèque de l'étain faisant partie de l'alliage.

On comprendra maintenant sans difficulté que si, au lieu d'avoir à analyser un alliage, comme je viens de le supposer, on avait à doser de l'antimoine et de l'étain réunis à l'état de sels dans une même liqueur, l'opération serait exactement la même après la précipitation complète par le zinc; mais je ne dois pas omettre d'insister sur une précaution importante à prendre dans ce dernier cas, et qui consiste à détruire complétement, par l'acide chlorhydrique et l'évaporation, l'acide nitrique que le dissolvant pourrait renfermer, afin de ne plus avoir sur le dosage de

l'antimoine l'incertitude où jetterait la production de l'eau régale dans le traitement subséquent ; j'ai, en effet, observé que le perchlorure d'étain est susceptible, tout comme le perchlorure d'antimoine, et je pourrais encore ajouter celui de fer, de réagir sur l'antimoine métallique, qu'ils dissolvent en passant au minimum; il pourrait donc résulter de la présence de l'eau régale de graves erreurs, lors même qu'elle ne pourrait pas avoir d'action directe sur l'antimoine précipité. Ce motif m'a aussi déterminé à supprimer l'emploi de l'acide nitrique dans la méthode que je viens de décrire, et à le remplacer par le chlorate de potasse.

Cette réaction des perchlorures sur l'antimoine a toutefois son côté utile, si l'on en profite, pour dissoudre plus rapidement l'alliage, et c'est dans ce but que, pour opérer cette dissolution, je n'ajoute le chlorate qu'alors qu'il s'est déjà formé du protochlorure d'étain ; de cette manière, ce sel, porté ainsi au maximum, réagit aussitôt sur l'antimoine, et une nouvelle addition de chlorate reproduit alternativement la même série de réactions; au lieu qu'en l'employant de prime abord, l'acide chlorhydrique en détruirait en pure perte la plus grande partie.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — NOVEMBRE 1844.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTR.		ÉTAT DU CIEL A MIDI.	VENTS à MIDI.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Maxim.	Minim.		
1	743,83	+ 8,3		742,34	+10,7		740,24	+10,6		736.63	+ 8,6		+11,0	+ 5,3	Pluie fine.............	E.
2	734,33	+ 8,5		734,71	+12,5		734,40	+11,8		735,81	+ 8,4		+13,0	+ 7,7	Couvert	S. E.
3	737,56	+ 7,1		737,92	+ 8,6		737,94	+10,2		740,01	+ 5,1		+10,2	+ 6,5	Couvert.............	S. E.
4	742,18	+ 6,1		741,94	+ 7,2		741,51	+ 7.7		738,58	+ 6,4		+ 7,9	+ 4,5	Pluie fine	O. S. O.
5	735,10	+ 7,3		735,72	+ 7,4		736,50	+ 7,6		739,20	+ 6,8		+ 7,9	+ 6,8	Pluie fine............	O. S. O.
6	741,60	+ 6,2		741,96	+ 8,8		741.95	+ 9,6		743,26	+5 ,2		+ 9,9	+ 3,7	Quelques éclaircies...	S. S. O.
7	744,79	+ 6,9		744,49	+ 9,4		743,44	+10,9		741.55	+ 8,1		+11,0	+ 5,6	Couvert.............	S.
8	737,23	+ 9,8		736,72	+12,4		736,32	+12,8		739,09	+ 8,8		+13,0	+ 7.8	Couvert.............	S. S. E.
9	736,94	+ 9,7		736,52	+10,4		736,46	+10,8		741,01	+ 9,7		+11,1	+ 7,8	Couvert	S. fort.
10	742,88	+ 8,4		740,46	+10,4		738,92	+ 9,8		738,63	+ 8,4		+11,9	+ 6,1	Couvert.............	S. fort.
11	742,88	+ 7,3		743,96	+ 8,6		746,00	+ 9,3		752,52	+ 5.0		+ 9,0	+ 5,8	Couvert.............	S. O.
12	750,94	+ 5,5		749,04	+ 8,3		750.03	+13,1		753,74	+11,7		+13,5	+ 3,9	Pluie................	S.
13	755,66	+11,5		755,36	+13.2		755.11	+12,8		757,23	+12.2		+13,0	+11,0	Couvert.............	S. O.
14	761,28	+12,2		762,14	+13,8		762,56	+13,6		764,56	+12,0		+14,2	+11,3	Couvert.............	S. O.
15	765,43	+ 8,6		764,70	+ 9,8		764,50	+11,5		764.78	+ 9,7		+11.8	+ 7,0	Vaporeux............	S. O.
16	766,50	+10,8		767,37	+10.9		766,80	+11,2		767,19	+11,2		+11,8	+ 7,5	Couvert.	O.
17	766,87	+11,2		766,69	+11,5		766,07	+12,3		766,35	+11,2		+12,3	+10,5	Pluie fine............	O. S. O.
18	765,43	+11,7		764,98	+10,4		764,17	+ 9,7		764,12	+ 9,3		+11,7	+ 9,3	Couvert	S. E.
19	764,03	+ 8,7		763,74	+ 8,9		763,19	+ 8,7		763,44	+ 8,0		+ 9,0	+ 8,0	Couvert	S. E.
20	763,33	+ 6,4		763,15	+ 7,1		762,87	+ 8,1		764,46	+ 5.2		+ 8,0	+ 6,2	Couvert.............	S.
21	764,99	+ 7,4		764,84	+ 8,5		764,27	+ 9,9		763,96	+ 6,4		+10.1	+ 5,5	Brouillard...........	S. O.
22	761.60	+ 6,1		760,88	+ 6,8		759,70	+ 7,2		760,25	+ 4,7		+ 7,1	+ 3,3	Couvert	N. É.
23	760,14	+ 3,8		759.47	+ 5,4		759,16	+ 6,4		758,84	+ 3,2		+ 6,1	+ 3,0	Beau................	N. N. E.
24	756,61	+ 2,0		755.68	+ 2,4		755,18	+ 2,5		755,46	+ 2,9		+ 2,8	+ 1,0	Couvert.............	N. O.
25	758,23	+ 2,8		758,30	+ 4,8		759,00	+ 5,4		761.12	+ 4,2		+ 5,4	+ 2,5	Couvert.............	O. S. O.
26	765,04	+ 2,3		765,34	+ 5,9		765,71	+ 6,2		767,03	+ 2,9		+ 6,4	+ 1,2	Très-nuageux.........	O. S. O.
27	767,44	— 1,3		767,93	— 0,2		765,73	+ 1,2		765,17	+ 1,2		+ 1,7	— 2,3	Brouillard très-épais.	O. S. O.
28	762,08	+ 0,4		761,09	+ 0,4		760.60	+ 0,3		759,32	+ 0,1		+ 0,4	+ 0,3	Brouillard...........	S. S. E.
29	757,08	— 0,2		757,16	+ 0,8		757,00	+ 1,2		757,72	+ 2,7		+ 2,7	— 0,4	Couv., léger brouill..	S. O.
30	757.61	+ 1,8		757,47	+ 1,4		757,00	+ 1.0		758,75	+ 0,7		+ 1,9	+ 0,7	Couvert.............	N. N. O.
1	739,65	+ 7,8		739,28	+ 9 8		738,77	+10,2		739,38	+ 7,6		+10,7	+ 6,2	... Moy. du 1er au 10	Pluie en cent.
2	760,23	+ 9,4		760,11	+10,3		760.13	+11,0		761,84	+ 9,5		+11,4	+ 8,1	... Moy. du 11 au 20	Cour. 6,691
3	761,08	+ 2,5		760,84	+ 3,6		760,40	+ 3,5		760,76	+ 2,9		+ 4,5	+ 1,5	... Moy. du 21 au 30	Terr. 5.980
	753.65	+ 6,6		753,41	+ 7,9		753,10	+ 8,3		753.99	+ 6,7		+ 8,9	+ 5,3	... Moyenne du mois...... + 7°,1	

RECHERCHES SUR LA CONSTITUTION CHIMIQUE DES ACIDES ET DES BASES;

PAR M. E. MILLON.

J'avais été conduit à soupçonner, dans un Mémoire antérieur (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. IX), 1° que certaines bases s'accompagnent d'un ou de plusieurs équivalents d'eau, qu'elles tendent à conserver toujours, même après leur combinaison avec les acides; 2° que plusieurs équivalents d'un même oxyde pouvaient s'ajouter l'un à l'autre, se superposer en quelque sorte, et se comporter ensuite dans les combinaisons qu'ils contractent comme un seul équivalent.

Ces faits généraux, si propres à modifier les idées qui représentent aujourd'hui la constitution des composés minéraux et organiques les plus nombreux, me semblaient surtout ressortir de l'examen des sels de magnésie et d'oxyde de cuivre.

J'ai soumis les sels formés par la première de ces bases à une étude nouvelle.

Ces recherches m'ont permis de confirmer mes premiers résultats et d'en étendre les principales conclusions.

Avant d'exposer les faits et les conséquences que je me suis cru autorisé à en déduire, j'entrerai dans quelques détails sur les procédés de déshydratation que j'ai mis en usage. Ces procédés sont fort simples et n'exigent qu'un grand soin de précision. Néanmoins, l'habitude de ces travaux conduit à certaines règles pratiques que j'indiquerai. Il est convenable que les recherches de cette nature prennent un caractère d'ensemble et reçoivent le contrôle et le perfectionnement que des expérimentateurs plus habiles ne peuvent manquer d'y apporter.

§ Ier. — *Des moyens employés pour déterminer l'hydratation.*

Quelques essais comparatifs m'ont éloigné de l'emploi du vide et de celui du bain-marie, à l'eau, avec ou sans courant d'air sec. Malgré le soin qu'on apporte dans la tenue des instruments à l'aide desquels on maintient le vide, ils sont soumis à des variations et à des dérangements qui arrêtent dans l'observation. Quant à l'emploi du bain-marie chauffé par l'eau, comme il ne peut s'appliquer qu'aux déshydratations qui se font au-dessous de 100 degrés, il trouve un obstacle réel dans la lenteur avec laquelle la perte d'eau s'effectue. Je citerai pour exemple la déshydratation fractionnée du sulfate de magnésie; ce sel a dû être reporté vingt-cinq jours de suite dans l'eau chauffée à +50 degrés, avant d'arriver à un poids invariable. Un courant d'air sec accélérerait sans doute la perte d'eau, mais il ajouterait à la surveillance du bain-marie les embarras d'un appareil qu'il faut construire et diriger. Je suis loin de rejeter entièrement l'emploi de ces différents procédés, qui peuvent devenir utiles dans quelques déterminations d'eau délicates; mais, comme méthode générale, j'ai préféré me servir d'une atmosphère close, desséchée par l'acide sulfurique concentré.

Tout l'appareil se compose d'une cloche de verre qui repose par son bord inférieur dans la rainure d'une pierre de liais taillée pour la recevoir. La rainure est préalablement remplie de mercure. On peut remplacer la pierre taillée par une assiette ordinaire qui reçoit la cloche et contient assez de mercure pour que ce métal s'élève de 1 centimètre environ sur le bord inférieur de la cloche, dans tout son pourtour. La cloche recouvre un vase à précipité qui doit occuper en grande partie la cavité intérieure, et qui est lui-même rempli d'acide sulfurique concentré. Celui-ci doit être de temps en temps agité avec une baguette de verre, et même renouvelé. La substance est supportée par une petite grille de fer au-dessus du vase à précipité.

Cette disposition, très-facile à réaliser, conduit toujours à un état d'hydratation fixe qui peut servir de point de départ pour rechercher les quantités d'eau qui s'enlèvent au-dessus de 100 degrés. Cette méthode conduit à des résultats qu'on n'obtient pas toujours aussi sûrement, ni surtout aussi commodément par l'application d'une chaleur assez forte. Ainsi, l'acide oxalique hydraté $C^2O^3, 3HO$ perd 2 équivalents d'eau dans l'appareil qui vient d'être décrit : le même acide demande deux et trois jours d'une température constamment maintenue à + 100 degrés pour arriver au même point d'hydratation. Les chimistes qui s'occuperont de ces recherches reconnaîtront promptement quel avantage on trouve à substituer une disposition simple, qu'on abandonne en toute sécurité, à un appareil qui exige du soin et une direction constante.

On est très-souvent intéressé à connaître des états d'hydratation qui ne résistent pas à une atmosphère sèche. On retire alors les cristaux des liqueurs qui les fournissent, on les exprime rapidement entre des feuilles de papier joseph, jusqu'à ce que celui-ci ne semble plus mouillé par le sel, puis on exécute de suite plusieurs déshydratations complètes, en faisant supporter au sel une forte température. L'accord ou la différence qui existent entre plusieurs déshydratations totales guident dans la marche à suivre pour les déshydratations partielles et successives.

Quelquefois on trouve un point de départ fixe dans une atmosphère saturée d'humidité, à une température constante, + 10, + 15, + 20 degrés par exemple ; ou bien encore on a recours à une atmosphère refroidie à 0 degré. On laisse alors égoutter les cristaux sur une feuille de papier joseph, au-dessous d'une cloche qui est maintenue dans les conditions voulues. Il arrive souvent qu'on ne peut empêcher une légère perte d'eau enlevée par une efflorescence rapide ; ou bien, au contraire, le sel retient opiniâtrément une petite quantité d'eau, fixée sans doute à la manière de

ces interpositions fractionnelles dont la présence a été si souvent constatée depuis quelque temps.

Il faut ajouter que ces différents points de départ sont loin de fournir la certitude de ceux qu'on trouve dans une atmosphère sèche, où la substance demeure jusqu'à ce que plusieurs pesées établissent son poids d'une manière invariable. Mais, en se bornant à ce terme unique, on se priverait souvent des données les plus intéressantes de l'hydratation.

L'application attentive des moyens qui viennent d'être indiqués doit être suivie de l'emploi du bain d'alliage : ici encore l'appareil est d'une grande simplicité : il consiste en une marmite de fonte, épaisse, d'une capacité d'un demi-litre environ, que l'on remplit avec l'alliage fusible dont la composition est indiquée par tous les traités de chimie. La marmite est disposée sur un fourneau, de manière à être chauffée à volonté. A l'aide d'un support en bois, on fait plonger un bon thermomètre à mercure, gradué sur tige, dans l'alliage en fusion. La substance est ensuite introduite dans des tubes de verre, bien secs, longs de 25 à 30 centimètres et du calibre d'un tube à analyse organique. Les tubes sont fermés à une extrémité, ouverts à l'autre et fondus à la lampe sur leur bord libre. Chargés d'un poids connu de substance, ils sont maintenus, dans le bain, à l'aide d'un autre support. On expérimente toujours sur deux ou trois tubes contenant le même produit, afin de vérifier une perte par l'autre.

Il est bon de commencer l'application de la chaleur en portant le bain à une température que l'on maintient de + 100 à + 105 ou + 110 degrés ; cette latitude de 10 degrés ou de 5 degrés au moins est nécessaire même avec une surveillance active. Le renouvellement et l'entretien du feu ne permettent pas de se fixer invariablement dans les limites d'une échelle plus courte.

Les moindres traces d'eau apparaissent en rosée très-perceptible, sur les parois du tube. On enlève cette eau à me-

sure qu'elle s'accumule, à l'aide d'une feuille de papier joseph, roulée autour d'une baguette de verre. Lorsque l'humidité cesse de se montrer, on retire le tube du bain, on l'essuie, puis on le fait refroidir au-dessous d'une longue et large éprouvette, renversée dans une assiette creuse contenant du mercure. L'intérieur de l'éprouvette est desséché par de l'acide sulfurique concentré, convenablement disposé. Il serait inutile de donner sur ce point secondaire de plus longs détails de description.

Lorsque le tube a repris la température ambiante, on le reporte sur la balance, la différence des deux pesées indique la perte d'eau.

Dès que l'eau a mouillé le tube, la température a dû être arrêtée et maintenue stationnaire aussi longtemps que se montre l'humidité. Pour être bien certain que la perte a été complète, on doit reporter deux ou trois fois le tube dans le bain, à la température où la perte s'est faite, et l'y maintenir une heure, et même plus longtemps si la perte s'est faite avec lenteur. C'est seulement ainsi qu'on s'assure que l'état d'hydratation auquel on s'arrête est bien déterminé.

Quelquefois l'élimination de l'eau se fait avec une lenteur désespérante; il m'a fallu souvent plusieurs jours pour obtenir un poids invariable dans le tube. Je pourrais citer tel nitrate de cuivre qui a été suivi vingt jours durant. Le sulfate de magnésie a été maintenu plus longtemps encore à une température intermédiaire à + 50 et + 100 degrés. Dans le courant de ces déshydratations prolongées, il est bon de garantir le tube de toute introduction de substance étrangère, et de poser, à son extrémité ouverte, un bouchon de verre qui ferme incomplétement.

La méthode qui vient d'être décrite s'applique à toutes les températures qu'un thermomètre à mercure peut mesurer. On passe d'une perte d'eau à une autre, en observant, pour chacunes d'elles, les précautions indiquées.

On doit retirer le thermomètre dès qu'il indique de 300

à 330 degrés ; on le retire encore lorsque le bain est abandonné et doit se refroidir. En l'oubliant, dans les deux cas, il serait brisé.

§ II. — *Constitution des sels de magnésie.*

Voici ce que l'analyse apprend sur la constitution des sels de magnésie et sur leur modification à la suite de l'application méthodique de la chaleur.

Sulfate de magnésie. — Le sel cristallisé contient 7 équivalents d'eau, ainsi que l'indiquent les recherches anciennes et récentes.

La première perte d'eau peut s'effectuer à + 40 degrés, dans une atmosphère saturée d'humidité : le sel perd alors 2 équivalents d'eau et devient

$$SO^3, MgO, 5H.$$

Dans une atmosphère sèche, la perte va beaucoup plus loin, même par une température qui ne dépasse pas + 30 à + 35 degrés. Le sel abandonne alors 5 équivalents d'eau et se trouve représenté par

$$SO^3, MgO, 2HO.$$

Pour soustraire l'eau dans les deux conditions qui viennent d'être indiquées, il ne faut pas moins de vingt-cinq à trente jours ; mais si la température est constamment maintenue à + 100 degrés, il suffit d'un jour. Dans ce dernier cas, on arrive aussi au sulfate à 2 équivalents d'eau.

De 110 à 115 degrés, il s'échappe encore un $\frac{1}{2}$ équivalent d'eau ; ce sel renferme alors

$$SO^3, MgO, HO, \frac{HO}{2}.$$

De + 140 à 180 degrés, la perte d'eau s'accroît encore ; ce sel devient

$$SO^3, MgO, HO$$

A + 200 degrés, la perte est complète, et le sel anhydre ré-

siste à l'application de la chaleur que peut produire une bonne lampe chauffée à l'alcool.

Si la température est portée au rouge-blanc et maintenue ainsi pendant plusieurs heures, le sulfate de magnésie laisse de la magnésie pure.

Ce dernier résultat ne s'obtient qu'en agissant sur 2 ou 3 grammes de sulfate de magnésie; mais alors il est très-net, et fournit les résultats analytiques les plus satisfaisants.

Ainsi le sulfate de magnésie subit les transformations suivantes :

$$SO^3, MgO, 7HO;$$
$$SO^3, MgO, 5HO;$$
$$SO^3, MgO, 2HO;$$
$$SO^3, MgO, HO, \frac{HO}{2};$$
$$SO^3, MgO, HO;$$
$$SO^3, MgO;$$
$$MgO.$$

Je me dispense de donner ici les chiffres analytiques d'expériences qui offrent toujours une régularité très-satisfaisante et une parfaite concordance; ce serait allonger inutilement les dimensions de ce travail.

Carbonate de magnésie. — Le carbonate de magnésie cristallisé, qui se dépose d'une dissolution de magnésie dans l'eau chargée d'acide carbonique, a été exprimé rapidement entre des feuilles de papier joseph. Il a constamment donné à l'analyse la composition suivante :

$$CO^2, MgO, 4HO.$$

Le même sel, abandonné dans une atmosphère sèche jusqu'à ce que son poids fût invariable, a perdu 1 $\frac{1}{2}$ équivalent d'eau : il se représente ainsi par

$$CO^2, MgO, 2HO, \frac{HO}{2}.$$

Lorsqu'on applique ensuite la chaleur à ce dernier produit, il se fait une perte extrêmement lente d'eau et d'acide carbonique. Il est impossible de distinguer aucune phase jusqu'à + 280 degrés. La perte s'arrête alors à un produit

de constitution fixe qui donne à l'analyse

$$2CO^2 + 3MgO + HO.$$

Je rappellerai ici que la magnésie blanche a pour formule

$$3CO^2 + 4MgO + 4HO.$$

Je discuterai plus loin la formule de ces carbonates ; je les résume ici :

$$CO^2, MgO, 4HO;$$
$$CO^2, MgO, 2HO, \frac{HO}{2};$$
$$3CO^2 + 4MgO + 4HO;$$
$$2CO^2 + 3MgO + HO.$$

L'analyse des carbonates de magnésie s'exécute très-facilement dans un appareil à analyse organique : le tube figurant le tube à combustion reste vide ; en y introduisant le carbonate de magnésie dans une petite capsule de platine que l'on enroule ensuite sur elle-même de manière à retenir la magnésie, on pèse très-bien le résidu. De sorte qu'on retrouve à la fin de l'opération tous les principes qui composent le carbonate : l'eau, l'acide carbonique et la magnésie. Ce procédé d'analyse, exécuté avec quelques précautions, ne laisse rien à désirer.

Chlorure de magnésium. — Le sel cristallisé a été décrit récemment par M. Graham avec 6 équivalents d'eau. Malgré des préparations assez variées, j'ai constamment trouvé $\frac{1}{2}$ équivalent d'eau de plus que M. Graham.

Ce chlorure aurait ainsi pour composition :

$$ClMg + 6HO + \frac{HO}{2}.$$

Il est efflorescent dans une atmosphère sèche et devient

$$ClMg + 5HO.$$

Chauffé à + 280 degrés, il perd le tiers de son acide chlorhydrique et se représente alors par

$$2MgCl + MgO + HO.$$

A une température que le thermomètre ne permet pas de suivre, il se fait une nouvelle perte d'acide chlorhydrique

égale à la première, et le dernier tiers de chlore ne s'en va qu'après une calcination au rouge longtemps prolongée.

On a, en définitive, trois formules pour le chlorure de magnésium :

$$ClMg + 6HO + \frac{HO}{2};$$
$$ClMg + 5HO;$$
$$2ClMg + MgO, HO.$$

Les éléments de l'hydrochlorate de magnésie ont été évalués tantôt par la conversion du sel en sulfate, tantôt par la détermination du chlore.

Nitrate de magnésie. — Le nitrate de magnésie contient 6 équivalents d'eau, ainsi que M. Graham l'a observé; il en perd 2 équivalents par une température de 100 degrés, prolongée durant plusieurs jours, ou bien après une très-longue exposition dans une atmosphère sèche, par une température de + 30 à 35 degrés; il devient ainsi

$$AzO^5, MgO, 4HO.$$

A + 250 degrés, il subit une nouvelle perte, mais celle-ci ne consiste pas uniquement en eau, comme l'avait cru M. Graham, et le sel ne devient pas

$$AzO^5, MgO, HO.$$

A une température peu supérieure à + 100 degrés, il se fait une perte d'acide nitrique et d'eau; en se maintenant deux ou trois jours à + 250 degrés, le sel abandonne un tiers de son acide et retient encore une quantité d'eau assez notable. La formule qui représente le mieux sa composition s'accorde avec

$$2AzO^5 + 3MgO + 5HO.$$

On a, en définitive,

$$AzO^5, MgO + 6HO;$$
$$AzO^5, MgO + 4HO;$$
$$2AzO^5 + 3MgO + 5HO.$$

Nous avons appliqué, M. Reiset et moi, au dosage de l'azote un appareil qui permet de déterminer dans une seule

opération l'azote et l'hydrogène des substances organiques. Cet appareil offre des avantages particuliers pour l'étude des nitrates hydratés : il est le seul qui permette d'évaluer rigoureusement la quantité d'eau contenue dans ces sels. Les résultats se contrôlent d'ailleurs très-bien par la conversion des nitrates de magnésie en sulfates.

Je rappellerai que l'iodate de magnésie m'a fourni, dans un travail précédent, les formules suivantes :

$$IO^5,\ MgO + 4HO;$$
$$IO^5,\ 3MgO + 2IO^5.$$

Ce dernier sel a été rapproché du triiodate de potasse, avec lequel il offre de remarquables analogies, qu'il serait trop long de reproduire.

Si l'on rapproche les sels à base de magnésie fournis par les acides carbonique, nitrique, chlorhydrique et iodique, on remarque sans peine que les nombreux états d'hydratation qu'ils présentent peuvent s'expliquer en admettant que le magnésium forme quatre bases distinctes :

$$MgO,\ 6HO;$$
$$MgO,\ 4HO;$$
$$MgO,\ HO;$$
$$3MgO.$$

Il faut admettre, en outre, que les sels de même acide contenant ces différentes bases ont une extrême tendance à se combiner l'un à l'autre. C'est un principe que la constitution des sels ammoniacaux et de plusieurs sels minéraux a depuis longtemps forcé d'accepter.

On représente alors très-simplement tous ces sels par les formules suivantes :

Carbonates.

1°. .... $CO^2 + MgO, 4HO$;

2°. $2\left(CO^2, MgO + 2HO + \frac{HO}{2}\right) = CO^2 + (MgO, 4HO) + (CO^2 + MgO, HO)$;

3° .... $CO^2, HO + CO^2, 3MgO$ (bicarbonate de la base $3MgO$);

4°. $3CO^2 + 4MgO + 4HO$ (magn. blanc.)...$(CO^2 + MgO, 4HO) + (2CO^2 + 3MgO)$.

Nitrates.

1°. .... $AzO^5, MgO, 6HO$;
2°. .... $AzO^5, MgO, 4HO$;
3°. $2AzO^5, 3MgO, 5HO$......... $AzO^5, 5HO + AzO^5, 3MgO$ (binitrate de la base $3MgO$).

Iodates.

1°. .... $IO^5, MgO, 4HO$;
2°. .... $IO^5, 3MgO + 2IO^5$ (triiodate de la base $3MgO$).

Chlorhydrates.

1°. $4\left(MgCl + 6HO + \frac{HO}{2}\right) = 3\,(HCl, MgO, 6HO) + (HCl, MgO, 4HO)$;
2°. $HCl, MgO, 4HO$.

[Il faut se rappeler ici que les bases hydriques (c'est ainsi que je désignerai celles qui retiennent une quantité d'eau constante) se combinent intégralement à l'acide chlorhydrique sans que l'oxygène de l'oxyde se porte sur l'hydrogène de l'acide. Ce sont donc de véritables chlorhydrates. J'ai déjà fait une semblable remarque au sujet des chlorhydrates de baryte et de chaux.]

3°.................. $2MgCl + MgO, HO$.

Ici 2 équivalents d'acide chlorhydrique ont provoqué l'élimination de 2 équivalents d'eau, et ont amené la formation d'une variété particulière d'oxydo-chlorure.

Je citerai encore les formules des sels suivants, analysés dans différents travaux :

Carbonate double de potasse et de magnésie............. $2CO^2 + KO + HO + 2\,(CO^2 + MgO, 4HO)$;
Carbonate double de magnésie et d'ammoniaque, récemment décrit par M. Favre.... $CO^2, AzH^3, HO + CO^2, MgO, 4HO$;
Fumarate de magnésie...... $C^4HO^3, MgO, 4HO$ (Rieckler);
Chlorate de magnésie...... $ClO^5, MgO, 6HO$ (Waechter);
Maléate de magnésie....... $C^8H^2O^6 + 2\,(MgO, 4HO)$ (Buchner);
Hyposulfite de magnésie.... $S^2O^2 + MgO, 6HO$ (Rammelsberg);
Hyposulfite double de potasse et de magnésie.............. $S^2O^2, KO + S^2O^2, MgO, 6HO$ (Rammelsberg).

Les borates et les silicates naturels deviennent aussi d'une

formule très-simple, en y admettant la base 3MgO. Je ferai remarquer, au sujet de cette dernière base, qu'elle possède une tendance manifeste à se combiner à plusieurs équivalents d'acide. C'est une base polyatomique; elle correspond, dans ses tendances d'affinité, aux acides polyatomiques qui se combinent, on le sait, à plusieurs équivalents d'oxyde. Cette remarque se reproduit au sujet d'un oxyde polyatomique tout à fait analogue que forme le cuivre 3CuO.

J'ai laissé en dehors de la discussion précédente les sulfates de magnésie. Il est facile de voir que plusieurs ne concordent pas avec les différents sels qui viennent d'être rapprochés; mais, chose remarquable, cette concordance s'établit aussitôt que l'on supprime, dans chaque formule, 1 équivalent d'eau.

On a, en effet, en prenant les formules discordantes,

$$SO^3, MgO, 7HO = SO^3, HO + MgO, 6HO;$$
$$SO^3, MgO, 5HO = SO^3, HO + MgO, 4HO;$$
$$SO^3, MgO, 2HO = SO^3, HO + MgHO.$$

On se demande, en examinant les trois formules précédentes, s'il n'est pas possible que l'acide sulfurique transporte dans sa combinaison une certaine quantité d'eau qui tendrait à demeurer constante. En d'autres termes, n'existerait-il pas des acides hydriques correspondant aux bases hydriques?

Dans les combinaisons de l'acide sulfurique avec l'acide iodique, cette permanence de l'eau combinée primitivement à l'acide sulfurique m'avait déjà frappé. J'ai, en effet, rencontré les combinaisons suivantes :

$$IO^5 + 3(SO^3 HO),$$
$$IO^5 + 3(SO^3, 3HO).$$

Le sulfate d'ammoniaque présente 1 équivalent d'eau, qu'il faut sans doute rapporter à l'acide sulfurique :

$$SO^3, HO, \quad AzH^3, HO.$$

M. Pelouze a décrit un sulfate de potasse qui se représente

par

$$SO^3, HO + KO.$$

Le sulfate de chaux contient 2 équivalents d'eau qu'il convient, sans doute, de disposer ainsi :

$$SO^3, HO + CaO, HO,$$

puisque Ca O, HO constitue une base particulière très-différente de la base anhydre Ca O.

Il est impossible de conserver le moindre doute sur cette classe nouvelle d'acides hydriques en jetant les yeux sur les oxalates ; on y retrouve constamment deux hydrates d'acide oxalique :

$$C^2O^3, HO \text{ et } C^2O^3, 3HO,$$

sans qu'il soit possible d'entrevoir jamais aucun hydrate intermédiaire.

Il suffit d'examiner les formules suivantes pour comprendre cette introduction des acides hydriques dans la constitution des sels :

$C^2O^3, HO + KO$, oxalate neutre de potasse ;
$C^2O^3, KO + C^2O^3, 3HO$, bioxalate ;
$C^2O^3, KO + C^2O^3, HO + 2(C^2O^3, 3HO)$, quadroxalate.

Chaque fois qu'une nouvelle proportion d'acide s'ajoute, il se fait une élimination d'eau. Ce résultat des combinaisons minérales et organiques est constant : l'union de deux groupements tend toujours à diminuer le nombre de leurs molécules primitives. C'est par une interprétation inexacte de ce fait que M. Graham avait été amené à dire que, dans les combinaisons successives, chaque équivalent d'acide oxalique prenait la place de 1 équivalent d'eau. Dans le bioxalate de soude, qui a pour formule

$$C^2O^3, NaO + C^2O^3, 3HO,$$

on se demande ce que remplace le second équivalent d'acide oxalique, puisque l'oxalate neutre de soude se représente par

$$C^2O^3, NaO.$$

La règle de M. Graham n'est guère plus applicable au bioxalate d'ammoniaque, qui est composé de

$$2(C^2O^3, HO) + AzH^4, HO.$$

Dans l'oxalate de chaux, on retrouve la chaux hydrique CaO, HO, que j'ai déjà signalée dans plusieurs combinaisons :

$$C^2O^3, HO + CaO, HO.$$

C'est aussi la magnésie monohydrique qui se combine à l'acide oxalique monohydrique :

$$C^2O^3, HO + MgO, HO.$$

L'oxalate de baryte ne contient qu'un seul équivalent d'eau, qui peut se reporter indifféremment à l'acide ou à la base, d'après la constitution de l'un et de l'autre.

L'oxalate d'argent est anhydre :

$$C^2O^3, AgO.$$

Il est, sous ce rapport, dans le cas ordinaire des sels d'argent. C'est, en effet, le propre de cet oxyde de pénétrer par la combinaison aussi complétement que possible dans le groupement antagoniste et d'en expulser toute l'eau. C'est cette constance de son état salin qui l'a fait préférer dans la détermination des équivalents organiques complexes. Il y a là, sans doute, un moyen d'établir des relations organiques faciles; mais, lorsqu'on sera familiarisé avec les oxydes hydriques, ils ne fourniront pas des données moins utiles ni moins sûres.

Je résumerai maintenant en peu de mots les conclusions auxquelles conduisent les faits et les considérations qui précèdent.

Il existe trois classes de bases :

1°. *Les bases monoatomiques,* découvertes les premières et admises aujourd'hui dans toutes les combinaisons salines; elles sont pourtant fort rares, et l'argent est le seul métal qui, en toute circonstance, produise un oxyde monoatomique AgO. Les autres bases, telles que la baryte et l'oxyde

de plomb, exigent des conditions particulières pour fournir des oxydes monoatomiques BaO et PbO.

Ces bases résultent de 1 équivalent de métal et de 1 équivalent d'oxygène. Elles se combinent à 1 équivalent d'acide, et constituent ordinairement les sels neutres.

2°. *Les bases polyatomiques.* — Elles résultent de l'union de plusieurs équivalents de métal et d'oxygène, ou bien autrement, de l'union de plusieurs équivalents de bases monoatomiques qui se superposent et se comportent, dans leur combinaison aux acides, comme un seul équivalent. Ainsi 3 MgO constitue un seul équivalent de base polyatomique ; il en est de même de 3CuO, et sans doute aussi de 3HgO, 3PbO, etc.

Ces bases tendent ordinairement à former des sels acides.

3°. *Les bases hydriques.* — Elles résultent de l'union d'une base monoatomique à 1 ou plusieurs équivalents d'eau : ainsi MgO, HO ; MgO, 4 HO; CuO, HO; CaO, HO; BaO, HO, constituent autant de bases hydriques. Elles tendent à entrer dans les combinaisons avec toute leur eau. Cette eau se conserve surtout en présence des acides faibles.

Les bases hydriques fournissent des sels neutres; leur union aux acides hydriques donne lieu aux différents états de l'eau saline, désignée sous le nom d'eau d'hydratation, de cristallisation, de constitution, etc.

Il existe trois classes d'acides :

1°. *Les acides monoatomiques.* — Ils résultent de l'union d'un métal ou d'un métalloïde à l'oxygène SO^3, CrO^3, IO^5, etc. Ils se combinent aux bases dans une proportion simple; l'acide contient ordinairement 1 équivalent de métalloïde, si la base est monoatomique.

2°. *Les acides polyatomiques.* — Cette classe contient les acides de la constitution la plus variée. Elle comprend d'abord les acides minéraux ou organiques qui résultent de l'union de plusieurs acides différents, et qui ont été désignés sous le nom d'acides bibasiques et polybasiques.

Cette classe renferme encore les acides minéraux de constitution assez irrégulière qui se rattachent à un même métal ou à un même métalloïde.

Pour comprendre la constitution de ces derniers acides, il faut admettre, ainsi que je l'ai montré dans plusieurs travaux, qu'il existe pour chaque métal, pour chaque métalloïde, une combinaison primitive, unique, qui renferme la plus forte proportion d'oxygène : ainsi l'acide sulfurique pour les acides du soufre SO^3, l'acide perchlorique pour les acides du chlore ClO^7, etc. Cette combinaison primitive est un acide monoatomique.

Elle est ordinairement en rapport avec un acide dérivé, également monoatomique, dans lequel le métalloïde remplace l'oxygène en proportion équivalente : ainsi ClO^7 est en rapport avec ClO^3 par la substitution de 1 équivalent de chlore à 1 équivalent d'oxygène :

$$ClO^7 - ClO^6, Cl = 2\,ClO^3;$$
$$SO^3 - SO^2, \quad S = 2\,S^2O^2.$$

La combinaison, ainsi modifiée par substitution, s'unit à la combinaison primitive, et donne naissance à une série d'acides polyatomiques très-variés, dans lesquels on trouve toujours le même métalloïde ou le même métal, uni à des proportions variables d'oxygène.

3°. *Les acides hydriques.* — Ces acides sont susceptibles d'entrer dans les combinaisons salines, avec 1 ou plusieurs équivalents d'eau qui se trouvent conservés dans le sel. L'acide hydraté forme ainsi un composé bien distinct, même après la combinaison, de l'acide anhydre. C'est de la sorte que l'acide sulfurique à 1 équivalent d'eau forme un acide différent de SO^3, et transporte son équivalent d'eau dans plusieurs sels. L'acide oxalique présente de même deux acides C^2O^3HO, et $C^2O^3, 3HO$, qui peuvent entrer l'un et l'autre dans les combinaisons, en conservant leur eau tout à fait intacte.

DU POINT D'ÉBULLITION DES SUBSTANCES ORGANIQUES COMME CARACTÈRE PROPRE A DÉCELER LEUR CONSTITUTION INTIME ;

PAR M. S. SCHROEDER.

(*Annales de Poggendorff*, tome LXII, page 184.)

Je crois être arrivé à des résultats d'un haut intérêt pour la chimie organique, et qui peuvent être formulés par les propositions suivantes :

1. Les équivalents des corps organiques présentent des volumes moléculaires égaux à l'état liquide à des distances égales de leur point d'ébullition; le volume du composé est égal à la somme des volumes des éléments constituants; ces volumes sont entre eux comme des nombres entiers et en rapport simple.

Ainsi, connaissant la composition élémentaire et le point d'ébullition d'une substance, on peut en déduire sa densité à l'état de vapeur; réciproquement, connaissant la composition élémentaire et la densité de vapeur de cette substance, on peut en déduire son équivalent.

2. Les équivalents des substances organiques volatiles, tels qu'ils sont généralement adoptés, et les équivalents de leurs éléments, sont trop élevés comparativement aux métaux, et doivent être divisés par 2.

Les poids atomiques de la plupart des métaux sont, par conséquent, doubles de ce qu'ils devraient être comparativement à ceux de l'oxygène, de l'hydrogène, du carbone, de l'azote, du soufre, du chlore, du brome et de l'iode, ainsi que M. Gerhardt a essayé de le démontrer.

3. La densité de vapeur d'une substance ou son équivalent étant donnés, ainsi que sa composition élémentaire et son point d'ébullition, on peut en déduire la nature de ses parties constituantes, pourvu que cette substance

Le point d'ébullition doit s'élever de 57 degrés. L'observation donne 57 à 58 degrés.

L'éther aconitique est $C^{16}H^{24}O^8$; il bout à 236 degrés, Crasso.

L'éther aconitique est de l'éther oxalique + du formyle ; le point d'ébullition doit s'élever de 52 degrés. L'observation donne 52 à 53 degrés.

Le point d'ébullition de plusieurs éthers composés peut donc être déduit de celui de l'éther.

Mais, en général, on peut calculer le point d'ébullition d'une substance dont les composants sont connus, en partant d'une autre substance dont les composants sont également connus, ainsi que le point d'ébullition.

Calculons, par exemple, le point d'ébullition du tétraméthylène $(C^2H^4)^m_4$ d'après le point d'ébullition de la benzine, c'est-à-dire du triformyle $(C^4H^4)^3$. Le formyle élève le point d'ébullition de 52 degrés ; par conséquent, le triformyle l'élèvera de $3 \times 52 = 156$ degrés ; le méthylène élève le point d'ébullition de 21 degrés ; le tétraméthylène, par conséquent, de $4 \times 21 = 84$ degrés. Pour déduire le point d'ébullition de ce dernier de celui de la benzine $= 86$ degrés, il faut d'abord retrancher 156 degrés pour l'influence du triformyle, puis ajouter 84 degrés pour l'influence du tétraméthylène, ce qui donne -70 degrés. Pour calculer le point d'ébullition d'une substance au moyen de celui de la benzine, il faut retrancher 70 degrés de la somme algébrique du nombre de degrés qui représente l'influence des composants de la substance. Le point d'ébullition du tétraméthylène sera donc $84 - 70 = 14$ degrés. M. Bouchardat a obtenu un carbure d'hydrogène C^8H^{16} bouillant à 14°,5, et qu'il a appelé *caoutchène;* ce carbure n'est autre que le tétraméthylèue.

Le point d'ébullition du tétraélayle peut être dérivé par le calcul de celui de la benzine, en retranchant 70 degrés du nombre $4 + 17 = 68$ degrés, qui exprime l'influence du

tétraélayle; on obtient ainsi 2 degrés pour le point d'ébullition du tétraélayle. C'est le ditétryle de Faraday, C^8H^{16}, qui bout au-dessous de 0 degré et qui a été solidifié à — 17 degrés.

On calcule d'une manière analogue le point d'ébullition des diverses substances, en partant, par exemple, de l'alcool.

L'alcool $= C^4 H^{12} O^2$, ou bien un hydrate de biélayle $(C^2H^4)^e_2 (H^4O^2)$; il bout à 78°,4. Le nombre qui représente l'influence des parties constituantes est $2 \times 17 = 34$ degrés pour le biélayle, et 113°,5 pour l'eau; somme, 147°,5. Retranchant de ce nombre 78°,4, qui est le point d'ébullition de l'alcool, on obtient 69°,1. On trouvera maintenant le point d'ébullition de la benzine ou triformyle, en retranchant ce nombre 69°,1 de $3 \times 52 = 156$ degrés, qui représente l'influence du triformyle; on obtient ainsi 87 degrés. L'observation donne 86 degrés.

Les nombres qu'on trouvera plus bas ont été calculés d'une manière analogue; je ferai connaître, dans un Mémoire détaillé, la voie que j'ai suivie pour fixer les composants d'une substance organique donnée. J'ai partagé les substances dont j'ai fixé la constitution, en cinq classes qui présentent une simplicité et une régularité remarquables. Je puis prédire l'existence de plusieurs termes de cette série qui n'ont pas encore été rencontrés, et indiquer d'avance, et avec certitude, leur densité à l'état liquide, leur point d'ébullition et leur densité de vapeur.

I. — *Hydrates.*

1. *Acide formique* : $C^2 H^4 O^4$ est un hydrate d'oxyde de carbone;

$$(C^2O^2)\ (H^4O^2).$$

Point d'ébullition calculé... 100°,5 à 101°,5.
Point d'ébullition observé... 98°,5 Liebig; 100 degrés, Bineau.

2. *Acide acétique* : $C^4 H^8 O^4$ est un hydrate de méthylène et d'oxyde de carbone;

$$(C^2H^4)^m\ (C^2O^2)\ (H^4O^2).$$

Point d'ébullition calculé... 120°,5 à 121°,5.
Point d'ébullition observé... 120 degrés.

3. *Acide butyrique :* $C^8 H^{16} O^4$ est un hydrate d'oxyde de carbone et de triméthylène;

$$(C^2 H^4)^m_3 \ (C^2 O^2) \ (H^4 O^2).$$

Point d'ébullition calculé... 162°,5 à 163°,5.
Point d'ébullition observé... 164°,0, Pelouze.

4. *Acide valérianique :* $C^{10} H^{20} O^4$ est un hydrate de biméthylène et de biélayle;

$$(C^2 H^4)^m_2 \ (C^2 H^4)^e_2 \ (C^2 O^2) \ (H^4 O^2).$$

Point d'ébullition calculé... 175°,5 à 176°,5.
Point d'ébullition observé... 175 degrés, Dumas et Stas.

5. *Acide succinique :* $C^8 H^{12} O^8$ est un hydrate de biméthylène, d'oxyde de carbone et d'acide carbonique;

$$(C^2 H^4)^m_2 \ (C^2 O^2) \ (C^2 O^4) \ (H^4 O^2).$$

Point d'ébullition calculé... 231°,5 à 232°,5.
Point d'ébullition observé... 235 degrés, d'Arcet.

Les quatre premiers acides sont, comme on voit, des hydrates d'oxyde de carbone et de polyméthylène, dans lesquels quelquefois le méthylène est, en partie, remplacé par l'élayle, comme cela a lieu pour l'acide valérianique.

L'acide succinique est une combinaison d'acide carbonique avec un acide intermédiaire, par sa constitution, entre l'acide acétique et l'acide butyrique.

Alcools.

1. *Esprit-de-bois :* $C^2 H^8 O^2$ est un hydrate d'élayle;

$$(C^2 H^4)^e \ (H^4 O^2).$$

Point d'ébullition calculé... 59°,5 à 60°,5.
Point d'ébullition observé... 60 degrés, Kane.

2. *Alcool :* $C^4 H^{12} O^2$ bihydrate d'élayle;

$$(C^2 H^4)^e_2 \ (H^4 O^2).$$

Point d'ébullition calculé... 76°,5 à 77°,5.
Point d'ébullition observé... 78°,4, Gay-Lussac.

3. *Huile de pommes de terre :* $C^{10} H^{24} O^2$ est l'hydrate de tétraélayle et de méthylène;

$$(C^2 H^4)^m \ (C^2 H^4)^e_4 \ (H^4 O^2).$$

Point d'ébullition calculé... 131°,5 à 132°,5.
Point d'ébullition observé... 132 degrés, Cahours.

Les alcools sont, comme on le voit, des hydrates de polyélayle, dans lesquels cependant l'élayle peut se transformer en partie en méthylène, comme cela arrive pour l'huile de pommes de terre. Cette transformation du méthylène en élayle, et inversement, est des plus fréquentes, comme je crois pouvoir le démontrer.

II. — *Éther.*

PREMIÈRE SÉRIE.

1. *Formiate de méthylène*: $C^4 H^8 O^4$ est $(C^2O^2)_2$ $(H^4)_2$;

Point d'ébullition calculé... 37 à 38 degrés.
Point d'ébullition observé... 36 à 38 degrés, Dumas et Peligot.

2. *Acétate de méthylène*: $C^6 H^{12} O^4 = (C^2 H^4)^m$ $(C^2 O^2)_2$ $(H^4)_2$;

Point d'ébullition calculé... 58 à 59 degrés.
Point d'ébullition observé... 58 degrés, Dumas.

3. *Butyrate de méthylène*: $C^{10} H^{20} O^4 = (C^2 H^4)^m_3$ $(C^2 O^2)_2$ $(H^4)_2$;

Point d'ébullition calculé... 100 à 101 degrés.
Point d'ébullition observé... 102 degrés, Pelouze et Gélis.

DEUXIÈME SÉRIE.

1. *Éther formique*: $C^6 H^{12} O^4 = (C^2 H^4)^e$ $(C^2 O^2)_2$ $(H^4)_2$;

Point d'ébullition calculé... 54 à 55 degrés.
Point d'ébullition observé... 53 degrés, Liebig.

2. *Éther acétique*: $C^8 H^{16} O^4 = (C^2 H^4)^m$ $(C^2 H^4)^e$ $(C^2 O^2)_2$ $(H^4)_2$;

Point d'ébullition calculé... 75 à 76 degrés.
Point d'ébullition observé... 74 degrés, Dumas.

3. *Éther butyrique*: $C^{12} H^{24} O^4 = (C^2 H^4)^m$ $(C^2 H^4)^e_3$ $(C^2 O^2)_2$ $(H^4)_2$;

Point d'ébullition calculé... 109 à 110 degrés.
Point d'ébullition observé... 110 degrés, Pelouze et Gélis.

4. *Éther valérianique*: $C^{14} H^{28} O^4$;

$$(C^2 H^4)^m_3 = (C^2 H^4)^e_2 \ (C^2 O^2)_2 \ (H^4)_2.$$

Point d'ébullition calculé... 134 à 135 degrés.
Point d'ébullition observé... 133°,5, Otto.

TROISIÈME SÉRIE.

1. *Monohydrate de méthylène :* $C^4H^8O^2$;

$$(C^2H^4)^e\ (C^2O^2)\ (H^4)_2.$$

Point d'ébullition calculé... — 2 à — 3 degrés.
Point d'ébullition observé... au-dessous de o, Dumas.

2. *Éther :* $C^8H^{20}O^2$;

$$(C^2H^4)^m\ (C^2H^4)^e_2\ (C^2O^2)\ (H^4)_2.$$

Point d'ébullition calculé... 35 à 36 degrés.
Point d'ébullition observé... 35°,7, Gay-Lussac.

QUATRIÈME SÉRIE.

1. *Éther carbonique :* $C^{10}H^{20}O^6$;

$$(C^2H^4)^m\ (C^2H^4)^e_2\ (C^2O^2)\ (H^4)_2\ (C^2O^4).$$

Point d'ébullition calculé... 125 à 126 degrés.
Point d'ébullition observé... 125 à 126 degrés, Ettling; 125 degrés, Cahours.

2. *Éther oxalique :* $C^{12}H^{20}O^8$;

$$(C^2H^4)^m\ (C^2H^4)^e_2\ (C^2O^2)_2\ (H^4)_2\ (C^2O^4).$$

Point d'ébullition calculé... 182 à 183 degrés.
Point d'ébullition observé... 183 à 184 degrés, Dumas et Boullay.

3. *Éther aconitique :* $C^{16}H^{24}O^8$;

$$(C^2H^4)^m\ (C^2H^4)^e\ (C^2O^2)_2\ (H^4)_2\ (C^4H^4)\ (C^2O^4).$$

Point d'ébullition calculé... 234 à 235 degrés.
Point d'ébullition observé... 236 degrés, Crasso.

4. *Éther succinique :* $C^{16}H^{28}O^8$;

$$(C^2H^4)^e_5\ (C^2O^2)\ (H^4)_2\ (C^2O^4).$$

Point d'ébullition calculé... 212 à 213 degrés.
Point d'ébullition observé... 214 degrés, d'Arcet, Fehling.

Cette série est caractérisée par cette circonstance, que l'éther lui-même entre en combinaison avec l'acide anhydre. Dans l'éther succinique seulement, le méthylène de l'éther, ainsi que le méthylène de l'acide, sont changés en élayle.

CINQUIÈME SÉRIE.

1. *Acétate d'amylène :* $C^{14}H^{28}O^4$;

$$(C^2H^4)^m\ (C^2H^4)^e_4\ (C^2O^2)_2\ (H^4)_2.$$

Point d'ébullition calculé... 126 à 127 degrés.
Point d'ébullition observé... 125 degrés, Cahours.

SIXIÈME SÉRIE.

1. *Benzoate de méthylène :* $C^{16}H^{16}O^4$;

$$(C^2H^4)^m (C^4H^4)_3 (C^2O^4).$$

Point d'ébullition calculé... 196 à 197 degrés.
Point d'ébullition observé... 198°,5, Dumas et Boullay.

2. *Éther benzoïque :* $C^{18}H^{20}O^4$;

$$(C^2H^4)^e_2 (C^4H^4)_3 (C^2O^4).$$

3. *Salycilate de méthylène :* $C^{16}H^{16}O^6$;

$$(C^2H^4)^m_2 (C^4H^4)_2 (C^2O^2) (C^2O^4).$$

Point d'ébullition calculé... 222 à 223 degrés.
Point d'ébullition observé... 222 degrés, Cahours.

4. *Éther cinnamique :* $C^{22}H^{24}O^4$;

$$(C^2H^4)^e_2 (C^4H^4)_4 (C^2O^4).$$

Point d'ébullition calculé... 261 à 262 degrés.
Point d'ébullition observé... 260 degrés, Marchand.

La constitution de ces acides n'est pas celle de leurs éléments dans les éthers qu'ils fournissent; mais je n'ai pu encore déterminer la constitution des acides libres; ils contiennent probablement un radical qui m'est encore inconnu.

SEPTIÈME SÉRIE.

1. *Huile de* Mentha pulegium : $C^{20}H^{32}O^2$;

$$(C^2H^4)^e_3 (C^4H^4)_3 (C^2O^2) (H^4)_2.$$

Point d'ébullition calculé... 187 à 188 degrés.
Point d'ébullition observé... 182 à 188 degrés, Kane.

2. *Camphre :* $C^{20}H^{32}O^2$;

$$(C^2H^4)^e (C^4H^4)_4 (C^2O^2) (H^4)_3.$$

Point d'ébullition calculé... 202 à 203 degrés.
Point d'ébullition observé... 204 degrés, Dumas.

Ces éthers se produisent probablement par l'oxydation directe de certains carbures d'hydrogène, l'oxyde de carbone prenant la place de 1 équivalent d'élayle ou de méthylène.

III. — *Carbures d'hydrogène.*

PREMIÈRE SÉRIE.

1. *Benzine :* $C^{12} H^{12}$ est du triformyle $(C^4 H^4)_3$;

Point d'ébullition calculé... 85 à 86 degrés.
Point d'ébullition observé... 86 degrés, Mitscherlich; 85°,5, Faraday.

2. *Rétinaphte ou benzoène :* $C^{14} H^{16}$ est du triformyle + méthylène ;

$$(C^2 H^4)^m \ (C^4 H^4)_3.$$

Point d'ébullition calculé... 106 à 107 degrés.
Point d'ébullition observé... 108 degrés, Walter, Deville.

3. *Dracyle :* $C^{16} H^{20}$ est du biméthylène + triformyle ;

$$(C^2 H^4)^m_2 \ (C^4 H^4)^3.$$

Point d'ébullition calculé... 127 à 128 degrés.
Point d'ébullition observé... 125 à 127 degrés, Glénart et Boudault.

4. *Rétinyle :* $C^{18} H^{24}$ est du triméthylène + triformyle ;

$$(C^2 H^4)^m_3 \ (C^4 H^4)_3.$$

Point d'ébullition calculé... 148 à 149 degrés.
Point d'ébullition observé... 150 degrés, Walter.

5. *Cumène :* $C^{18} H^{24}$ biméthylène + élayle + triformyle ;

$$(C^2 H^4)^m_2 \ (C^2 H^4)^e \ (C^4 H^4)_3.$$

Point d'ébullition calculé... 144 à 145 degrés.
Point d'ébullition observé... 144 degrés, Gerhardt et Cahours.

Cette série est éminemment remarquable en ce qu'elle ne contient que des combinaisons méthyliques de la benzine, elle est complète ; aucun terme n'y manque.

DEUXIÈME SÉRIE.

1. *Benzine :* $C^{12} H^{12}$ est du triformyle $(C^4 H^4)_3$.

Point d'ébullition calculé... 85 à 86 degrés.
Point d'ébullition observé... 86 degrés, Mitscherlich.

2. *Cinnamène :* $C^{16} H^{16}$ est le tétraformyle $(C^4 H^4)_4$;

Point d'ébullition calculé ... 137 à 138 degrés.
Point d'ébullition observé... 140 degrés, Gerhardt et Cahours.

TROISIÈME SÉRIE.

1. *Caoutchène :* $C^8 H^{16}$ est du tétraméthylène $(C^2 H^4)^m_4$;

Point d'ébullition calculé... 13 à 14 degrés.
Point d'ébullition observé... 14°,5, Bouchardat.

2. *Oléène :* $C^{12}H^{14}$ est l'hexaméthylène $(C^2H^4)^m_6$;

Point d'ébullition calculé... 55 à 56 degrés.
Point d'ébullition observé... 55 degrés, Frémy.

3. *Diétryle :* C^8H^{16} est du tétraélayle $(C^2H^4)^e_4$;

Point d'ébullition calculé... — 2 à — 3 degrés.
Point d'ébullition observé... au-dessous de 0, Faraday; solide à —17°,8.

QUATRIÈME SÉRIE.

1. *Térébilène :* $C^{20}H^{32}$;

$$(C^2H^4)^e_6\ (C^4H^4)_2.$$

Point d'ébullition calculé... 135 à 136 degrés.
Point d'ébullition observé... 135 degrés, Deville.

2. *Térébène, camphilène, dadyle :* $C^{20}H^{32}$;

$$(C^2H^4)^m_2\ (C^2H^4)^e_4\ (C^4H^4)_2.$$

Point d'ébullition calculé ... 143 à 144 degrés.
Point d'ébullition observé... 145 degrés, Soubeiran et Capitaine.

3. *Huile de térébenthine :* $C^{20}H^{32}$;

$$(C^2H^4)^m_5\ (C^2H^4)^e\ (C^4H^4)_2.$$

Point d'ébullition calculé... 155 à 156 degrés.
Point d'ébullition observé... 156 degrés, Dumas.

CINQUIÈME SÉRIE.

1. *Huile de genièvre :* $C^{20}H^{32}$;

$$(C^2H^4)^m\ (C^2H^4)^e_3\ (C^4H^4)_2\ (H^4).$$

Point d'ébullition calculé... 154 à 155 degrés.
Point d'ébullition observé... 155 degrés, Blanchet et Sell.

L'huile de genièvre ordinaire est un mélange des huiles isomériques qui sont produites par la transformation partielle ou totale du méthylène en élayle. Le point d'ébullition calculé pour toute la série est de 150 à 167 degrés : MM. Soubeiran et Capitaine ont observé 155 à 163 degrés, suivant l'origine.

SIXIÈME SÉRIE.

1. *Huile de citron :* $C^{20}H^{32}$;

$$(C^2H^4)^e_2\ (C^4H^4)_4\ (H_4)_2.$$

Point d'ébullition calculé... 165 à 166 degrés.
Point d'ébullition observé... 165 degrés, Soubeiran et Capitaine.
167 degrés, Saussure.

2. *Citrilène, citryle :* $C^{20}H^{32}$.

C'est un mélange de méthylène, d'élayle et de biméthylène combinés au tétraformyle et au bihydrogène. Le point d'ébullition calculé est de 169 à 174 degrés : MM. Blanchet et Sell ont observé 168 à 175 degrés.

L'huile de citron ordinaire est un mélange des trois, car les premières parties qui passent, bouillent, suivant MM. Soubeiran et Capitaine, à 165 degrés, les dernières à 175 ; ce sont précisément les limites calculées.

SEPTIÈME SÉRIE.

1. *Huile de bergamotte :* $C^{20}H^{32}$ est le pentaformyle + trihydrogène;

$$(C^4H^4)_5\ (H_4)_3.$$

Point d'ébullition calculé... 180 à 181 degrés.
Point d'ébullition observé... 180 degrés, Soubeiran et Capitaine.

On voit combien il devient facile d'expliquer la constitution de toute la série des carbures isomériques avec l'huile de térébenthine.

HUITIÈME SÉRIE.

1. *Camphogène :* $C^{20}H^{28}$;

$$(C^2H^4)^m_2\ (C^4H^4)_4\ (H^4).$$

Point d'ébullition calculé... 176 à 177 degrés.
Point d'ébullition observé... 175 degrés, Delalande.

2. *Menthène :* $C^{20}H^{36}$;

$$(C^2H^4)^e_2\ (C^4H^4)_4\ (H^4)_3.$$

Point d'ébullition calculé... 162 à 163 degrés.
Point d'ébullition observé... 163 degrés, Walter.

3. *Amylène :* $C^{20}H^{40}$;

$$(C^2H^4)^e_2\ (C^4H^4)_4\ (H^4)_4.$$

Point d'ébullition calculé... 159 à 160 degrés.
Point d'ébullition observé... 160 degrés, Cahours.

VOLUMES MOLÉCULAIRES DES SUBSTANCES ORGANIQUES LIQUIDES ;

PAR M. S. SCHROEDER.

J'ai reconnu que le méthylène et l'élayle C^2H^4, l'oxyde de carbone C^4O^2 et l'eau d'hydratation H^4O^2 entrent dans les liquides organiques avec un volume qui est sensiblement le même lorsqu'on considère des températures également distantes du point d'ébullition des substances; j'ai reconnu, en outre, que le volume du formyle C^4H^4 et de l'acide carbonique C^2O^4 sont sensiblement égaux dans les mêmes circonstances, et que ces volumes sont une fois et demie plus forts que les volumes précédents. On pouvait conclure de là que le volume des éléments H^4, C^2 et O^2 devait être le même à des distances égales du point d'ébullition des substances. Cette proposition est vraie d'une manière générale. Le volume moléculaire d'une substance organique liquide est la somme des volumes égaux des éléments H^4, C^2, O^2.

Prenons une substance quelconque, par exemple l'éther aconitique $C^{16}H^{24}O^8$; son volume moléculaire est formé de huit fois le volume de C^2, six fois le volume de H^4 et quatre fois le volume de O^2, et comme les volumes de ces éléments sont sensiblement égaux et formés de $8+6+4 = 18$ volumes égaux, le volume moléculaire de l'éther aconitique est 18; mais l'unité de volume moléculaire a une valeur qui dépend de la distance qui sépare la température observée de celle du point d'ébullition.

Prenons un autre exemple. Le rétinyle $C^{12}H^{24}$ contient neuf fois le volume de C^2, et six fois le volume de H^4, par conséquent $9+6=15$ volumes. Lorsqu'on connaît donc, une fois pour toutes, la valeur d'un volume pour les diverses températures au-dessous du point d'ébullition, on peut en déduire le volume moléculaire, et, par conséquent

aussi, la densité d'une substance dont la composition élémentaire et le point d'ébullition sont connus. Je calcule ci-dessous les volumes moléculaires d'un grand nombre de carbures d'hydrogène et de substances organiques oxygénées, d'après le volume moléculaire de l'alcool. L'alcool est $C^4H^{12}O^2$; il contient, par conséquent, deux fois le volume de C^2, trois fois le volume de H^4, et une fois le volume de O^2; par conséquent, $2+3+1=6$ volumes simples.

Pour avoir la valeur d'un volume pour une température donnée, il suffit de diviser par 6 le volume moléculaire de l'alcool à cette même température. M. Gay-Lussac a mesuré les contractions de l'alcool, depuis la température de son ébullition jusqu'à 70 degrés au-dessous de ce même point. En calculant, d'après cette Table, la valeur de l'unité de volume moléculaire, je prendrai pour unité le poids atomique de l'hydrogène H^2; le poids atomique du carbone sera 6, et celui de l'oxygène 8.

On obtient ainsi pour l'unité de volume moléculaire à différentes distances du point d'ébullition :

à 0°...	10,379	40°...	9,905
10 ...	10,262	50 ...	9,794
20 ...	10,136	60 ...	9,691
30 ...	10,022	70 ...	9,601

Mais il est nécessaire de connaître la valeur de l'unité de volume moléculaire pour d'autres températures. Pour éviter toute hypothèse gratuite, je complète la Table précédente, déduite des observations de M. Gay-Lussac, d'après le principe, que les changements de volumes observés de 10 en 10 degrés sont constants, et que les contractions décroissent d'une quantité constante pour cet intervalle. La plus grande différence pour la distance de 10 à 20 degrés est de 0,126; de 60 à 70 degrés, elle est de 0,090. On peut prendre $0,005 = \frac{0,126 - 0,090}{7}$ pour le nombre qui exprime

la différence moyenne pour une variation de 10 degrés.

J'admets donc que cette variation soit constante pour un intervalle de 10 degrés et égale 0,005, et je prolonge d'après cette hypothèse la Table précédente. J'obtiens ainsi :

80°...	9,511	170°...	8,926
90 ...	9,426	180 ...	8,886
100 ...	9,346	190 ...	8,851
110 ...	9,271	200 ...	8,821
120 ...	9,201	210 ...	8,796
130 ...	9,136	220 ...	8,776
140 ...	9,076	230 ..	8,761
150 ...	9,021	240 ...	8,751
160 ...	8,971	250 ...	8,746

Les volumes moléculaires des diverses substances peuvent être calculés comme l'exemple suivant le montre : nous avons vu que l'éther aconitique $C^{16}H^{24}O^{8}$ doit contenir 18 volumes; il bout, suivant M. Crasso, à 236 degrés; sa densité à 14 degrés, c'est-à-dire à 222 degrés au-dessous de son point d'ébullition, est 1,074; à 220 degrés au-dessous de son point d'ébullition, le volume moléculaire est, d'après la Table, 8,776; le volume moléculaire de l'éther aconitique à 220 degrés au-dessous de son point d'ébullition est donc $18 \times 8,776 = 158,0$. En calculant ce volume, d'après l'observation de M. Crasso, on a 160,1 ; en divisant le poids atomique de l'éther aconitique $\frac{172}{15}$ par le volume moléculaire calculé 158, on trouve, pour la densité calculée à 12 degrés, 1,089. L'observation a donné à M. Crasso 1,074 à 14 degrés. Tous les calculs suivants ont été effectués d'une manière analogue.

Je ne crois pas que les volumes des éléments H^{4}, O^{2} et C^{2} soient absolument égaux à des températures correspondantes, mais ils sont très-près de l'égalité, et l'hypothèse de l'égalité parfaite conduit à des résultats pratiques d'une exactitude satisfaisante.

Les volumes moléculaires donnés dans la Table précédente et déduits des observations de M. Gay-Lussac sur

l'alcool, appliqués au calcul du volume des hydrogènes carbonés, paraissent être, en général, un peu faibles; mais tels qu'ils sont, ils suffisent pour mettre la loi en évidence; aussi n'ai-je rien voulu changer à leur valeur.

1. *Esprit-de-bois :* $C^2 H^8 O^2$, 4 volumes; équivalent 32. Point d'ébullition, 60 degrés, Dumas.

Densité calculée....	0,808 à 20 degrés.
Densité observée...	0,798 à 20 degrés, Dumas.
Volume calculé....	39,6 à 40 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé...	40°,1 〃

2. *Acide formique :* $C^2 H^4 O^4$, 4 volumes; équivalent 46. Point d'ébullition, 100 degrés, Bineau.

Densité calculée...	1,220 à 10 degrés.
Densité observée...	1,2353 à 12 degrés, Bineau.
Volume calculé....	37,7 à 90 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé....	37,2 à 88 degrés 〃

3. *Alcool :* $C^4 H^{12} O^2$; 6 volumes; équivalent 46. Point d'ébullition, 78°,4, Gay-Lussac.

Densité calculée...	0,79235 à 18 degrés.
Densité observée...	0,79235 à 18 degrés, Gay-Lussac.
Volume calculé...	58,1 à 60 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé....	58°,1 〃

4. *Acide acétique :* $C^4 H^8 O^4$, 6 volumes; équivalent 60. Point d'ébullition, 120 degrés, Dumas.

Densité calculée....	1,0695 à 20 degrés.
Densité observée....	1,063 à 17 degrés, Dumas.
Volume calculé....	56,1 à 100 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé....	56,4 à 103 degrés 〃

5. *Acide butyrique :* $C^8 H^{16} O^4$, 10 volumes; équivalent 88. Point d'ébullition, 164 degrés, Pelouze et Gélis.

Densité calculée...	0,976 à 4 degrés.
Densité observée...	0,963 à 15 degrés, Pelouze et Gélis.
Volume calculé....	90,2 à 150 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé....	91,4 à 149 degrés 〃

6. *Éther formique :* $C^6 H^{12} O^4$, 8 volumes; équivalent 74. Point d'ébullition, 53 degrés, Liebig.

Densité calculée...	0,923 à 23 degrés.
Densité observée...	0,912? Liebig.
Volume calculé....	80,2 à 30 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé....	81°,1? 〃

7. *Acétate de méthylène :* $C^8H^{12}O^4$, 8 volumes; équivalent 74. Point d'ébullition, 58 degrés, Dumas.

Densité calculée... 0,934 à 22 degrés.
Densité observée... 0,919 à 22 degrés, Dumas.
Volume calculé.... 79,2 à 40 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé.... 80°,5 ״

8. *Caoutchène :* C^8H^{16}, 8 volumes; équivalent 56. Point d'ébullition, 14°,5, Bouchardat.

Densité calculée... 0,69 à 5 degrés.
Densité observée... 0,65 à 2 degrés, Bouchardat.
Volume calculé.... 81,1 à 20 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé.... 86,2 à 17 degrés ״

9. *Benzine :* $C^{12}H^{12}$, 9 volumes; équivalent 78. Point d'ébullition, 86 degrés, Mitscherlich.

Densité calculée... 0,90 à 16 degrés.
Densité observée... 0,85 à 15 degrés, Mitscherlich.
Volume calculé.... 86,4 à 70 degrés au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé.... 91,8 à 71 degrés ״

10. *Méthylal:* $C^6H^{16}O^4$, 9 volumes; équivalent 76. Point d'ébullition, 42 degrés, Malaguti.

Densité calculée... 0,843 à 12 degrés.
Densité observée... 0,8551? Malaguti.
Volume calculé.... 90,2 à 30 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé.... 88°,9? ״

11. *Éther :* $C^8H^{20}O^2$, 10 volumes; équivalent 74. Point d'ébullition, 35°,7, Gay-Lussac.

Densité calculée... 0,721 à 26 degrés.
Densité observée... 0,7119 à 25 degrés, Gay-Lussac.
Volume calculé.... 100,6 à 10 degr.. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé... 103,9 à 11 degrés ״

12. *Éther acétique :* $C^8H^{16}O^4$, 10 volumes; équivalent 88. Point d'ébullition, 74 degrés, Dumas.

Densité calculée... 0,917 à 4 degrés.
Densité observée... 0,866 à 7 degrés, Dumas.
Volume calculé.... 96,0 à 70 degrés au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé... 101,6 à 67 degrés ״

13. *Rétinaphthe :* $C^{14}H^{16}$, 11 volumes; équivalent 92. Point d'ébullition, 108 degrés, Deville.

Densité calculée... 0,887 à 18 degrés.
Densité observée.. 0,87 à 18 degrés, Deville.
Volume calculé... 103,7 à 90 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé... 105°,7 ״

14. *Naphte:* $C^{12}H^{20}$, 11 volumes; équivalent 82. Point d'ébullition, 86 degrés, de Saussure.

Densité calculée... 0,776 à 16 degrés.
Densité observée.. 0,758 à 19 degrés, de Saussure.
Volume calculé.... 105,6 à 70 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé... 108,2 à 67 degrés 〃

15. *Eupione:* $C^{10}H^{24}$, 11 volumes; équivalent 72. Point d'ébullition, 47 degrés, Hess.

Densité calculée.... 0,653 à 17 degrés.
Densité observée... 0,655 à 20 degrés, Hess.
Volume calculé.... 110,2 à 30 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé.... 109,9 à 27 degrés 〃

16. *Huile de pommes de terre:* $C^{10}H^{24}O^{2}$, 12 volumes; équival. 88. Point d'ébullition, 132 degrés, Cahours.

Densité calculée... 0,797 à 12 degrés.
Densité observée.. 0,8184 à 15 degrés, Cahours.
Volume calculé... 110,4 à 120 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé... 107,5 à 117 degrés 〃

17. *Acide valérianique:* $C^{10}H^{20}O^{4}$, 12 volumes; équivalent 102. Point d'ébullition, 175 degrés, Dumas et Stas.

Densité calculée... 0,947 à 15 degrés.
Densité observée... 0,937 à 10 degrés, Dumas et Stas.
Volume calculé.... 107,7 à 160 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé.... 108,9 à 165 degrés 〃

18. *Hydrure de salycile:* $C^{14}H^{12}O^{4}$, 12 volumes; équivalent 122. Point d'ébullition, 196 degrés, Piria.

Densité calculée.... 1,144 à 16 degrés.
Densité observée... 1,173 à 14 degrés, Piria.
Volume calculé. ... 106,6 à 180 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé.... 104,0 à 182 degrés 〃

19. *Éther carbonique:* $C^{10}H^{20}O^{6}$, 13 volumes; équivalent 118. Point d'ébullition, 125 degrés, Ettling.

Densité calculée... 0,979 à 15 degrés.
Densité observée... 0,975 à 19 degrés, Ettling.
Volume calculé.... 120,5 à 110 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé... 121,0 à 106 degrés 〃

20. *Benzoate de méthylène:* $C^{16}H^{16}O^{4}$, 14 vol.; équivalent 136. Point d'ébullition, 198°,5, Dumas.

Densité calculée... 1,093 à 19 degrés.
Densité observée... 1,1 à 17 degrés, Dumas.
Volume calculé.... 124,4 à 180 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé.... 123,6 à 182 degrés 〃

21. *Salycilate de méthylène :* $C^{16}H^{16}O^{6}$, 15 volumes; équival. 152. Point d'ébullition, 222 degrés, Cahours.

Densité calculée... 1,52 à 12 degrés.
Densité observée... 1,18 à 10 degrés, Cahours.
Volume calculé.... 131,9 à 210 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé.... 128,8 à 212 degrés 〃

22. *Éther oxalique :* $C^{12}H^{20}O^{8}$, 15 volumes; équivalent 146. Point d'ébullition, 183 degrés, Dumas et Boullay.

Densité calculée... 1,095 à 4 degrés.
Densité observée... 1,093 à 7°,5, Dumas et Boullay.
Volume calculé.... 133,3 à 180 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé ... 133,6 à 176 degrés 〃

23. *Réthinyle :* $C^{18}H^{24}$, 15 volumes; équivalent 120. Point d'ébullition, 150 degrés, Pelletier et Walter.

Densité calculée... 0,882 à 10 degrés.
Densité observée... 0,87 à 13 degrés, Pelletier et Walter.
Volume calculé.... 136,1 à 140 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé... 137,9 à 137 degrés 〃

24. *Éther benzoïque :* $C^{18}H^{20}O^{4}$, 16 volumes; équivalent 150. Point d'ébullition, 209 degrés, Dumas.

Densité calculée... 1,063 à 9 degrés.
Densité observée... 1,0539 à 10 degrés, Dumas.
Volume calculé.... 141,1 à 200 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé.... 142,3 à 199 degrés 〃

25. *Éther valérianique :* $C^{14}H^{28}O^{4}$, 16 volumes; équivalent 130. Point d'ébullition, 134 degrés, Otto.

Densité calculée... 0,863 à 14 degrés.
Densité observée... 0,894 à 13 degrés, Otto.
Volume calculé.... 147,2 à 120 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé... 145,4 à 121 degrés 〃

26. *Camphogène :* $C^{20}H^{28}$, 17 volumes; équivalent 134. Point d'ébullition, 175 degrés, Delalande.

Densité calculée... 0,879 à 15 degrés.
Densité observée... 0,860 à 13 degrés, Delalande.
Volume calculé.... 152,5 à 160 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé.... 155,8 à 162 degrés 〃

27. *Essence d'anis* (concrète) : $C^{20}H^{24}O^{2}$, 17 vol.; équival. 148. Point d'ébullition, 220 degrés, Dumas.

Densité calculée.... 0,987 à 20 degrés.
Densité observée... 0,985 à 25 degrés, Dumas.
Volume calculé.... 150,0 à 200 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé.... 150,3 à 195 degrés 〃

28. *Térébilène, peucyle* : $C^{20}H^{32}$, 18 volumes ; équivalent 136. Point d'ébullition, 135 degrés, Deville.

Densité calculée ..	0,823 à 4 degrés.
Densité observée...	0,863 à 8 degrés.
Volume calculé....	164,4 à 130 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé....	156,4 à 127 degrés 〃

29. *Essence de térébenthine* : $C^{20}H^{32}$, 18 volumes ; équivalent 136. Point d'ébullition, 156 degrés, Dumas.

Densité calculée...	0,821 à 26 degrés.
Densité observée...	0,8392 à 25 degrés, Blanchet et Sell.
Volume calculé....	164,4 à 130 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé....	162,1 à 130 degrés 〃

30. *Huile de citron* : $C^{20}H^{32}$, 18 volumes ; équivalent 136. Point d'ébullition, 167 degrés, de Saussure.

Densité calculée...	0,833 à 25 degrés.
Densité observée...	0,847 à 22 degrés, de Saussure.
Volume calculé....	163,3 à 140 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé....	160,6 à 143 degrés 〃

31. *Huile d'élémi* : $C^{20}H^{32}$, 18 volumes ; équivalent 136. Point d'ébullition, 174 degrés, Deville.

Densité calculée....	0,842 à 14 degrés.
Densité observée...	0,849 à 12 degrés, Deville.
Volume calculé....	161,5 à 160 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé...	160,2 à 162 degrés 〃

32. *Caoutchine* : $C^{20}H^{32}$, 18 volumes ; équivalent 136. Point d'ébullition, 172 degrés, Himly.

Densité calculée...	0,842 à 12 degrés.
Densité observée...	0,842 à 15 degrés, Himly.
Volume calculé....	161,5 à 160 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé...	161,5 à 157 degrés 〃

33. *Huile d'orange* : $C^{20}H^{32}$, 18 volumes ; équivalent 136. Point d'ébullition, 180 degrés, Soubeiran et Capitaine.

Densité calculée....	0,842 à 20 degrés.
Densité observée...	0,835? Soubeiran et Capitaine.
Volume calculé....	161,5 à 160 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé....	162,9 degrés 〃

34. *Huile de bergamotte* : $C^{20}H^{32}$, 18 volumes ; équivalent 136. Point d'ébullition, 195 degrés, Soubeiran et Capitaine.

Densité calculée...	0,851 à 15 degrés.
Densité observée..	0,850 à 00 degrés, Soubeiran et Capitaine.
Volume calculé....	159,9 à 180 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé...	160,0 degrés ? 〃

35. *Éther aconitique* : $C^{16} H^{14} O^{8}$, 18 volumes ; équivalent 172. Point d'ébullition, 236 degrés, Crasso.

Densité calculée... 1,089 à 16 degrés.
Densité observée... 1,074 à 14 degrés, Crasso.
Volume calculé.... 158,0 à 220 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé... 160,1 à 222 degrés "

36. *Éther succinique* : $C^{16} H^{14} O^{8}$, 19 volumes ; équivalent 174. Point d'ébullition, 214 degrés, d'Arcet.

Densité calculée.... 1,038 à 14 degrés.
Densité observée... 1,036 à 15 degrés, d'Arcet.
Volume calculé.... 167,6 à 200 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé... 168,0. "

37. *Huile de pouillot* : $C^{20} H^{16} O^{2}$, 19 volumes ; équivalent 152. Point d'ébullition, 182 à 188 degrés, Kane.

Densité calculée... 0,900 de 12 à 18 degrés.
Densité observée... 0,8955 ?
Volume calculé.... 168,8 à 180 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé... 169,7 "

38. *Éther pyrocitrique* : $C^{18} H^{14} O^{8}$, 20 volumes ; équivalent 186. Point d'ébullition, 225 degrés, Malaguti.

Densité calculée... 1,057 à 15 degrés.
Densité observée.. 1,040 à 18°,5, Malaguti.
Volume calculé.... 175,9 à 210 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé... 178,8 à 206 degrés "

39. *Éther pyrotartrique* : $C^{18} H^{16} O^{8}$, 21 volumes ; équivalent 188. Point d'ébullition, 218 degrés, Malaguti.

Densité calculée... 1,015 à 18 degrés.
Densité observée... 1,016 à 18°,5, Malaguti.
Volume calculé.... 185,2 à 200 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé.... 185,0 à 200 degrés "

40. *Huile de bergamotte* : $C^{30} H^{32} O^{2}$, 29 volumes ; équivalent 222. Point d'ébullition, 183 degrés, Ohme.

Densité calculée... 0,857 à 13 degrés.
Densité observée.. 0,856 ? Ohme.
Volume calculé.... 258,9 à 170 degr. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé... 259,3 ? "

41. *Éther œnanthique* : $C^{36} H^{36} O^{6}$, 39 volumes ; équivalent 300. Point d'ébullition, 225 à 230 degrés, Liebig et Pelouze.

Densité calculée... 0,874 de 15 à 20 degrés.
Densité observée... 0,862 ? Liebig et Pelouze.
Volume calculé.... 343,0 à 210 deg. au-dessous du point d'ébullit.
Volume observé.... 348,0 ? "

Ces exemples suffisent pour rendre la loi évidente, je me réserve de développer les mêmes lois pour les composés chlorés, sulfurés, azotés, dans un second Mémoire. Dans cette Notice, je crois avoir démontré pour les combinaisons organiques la théorie des volumes moléculaires, que j'ai exposée dans les années 1840, 1841 et 1843.

Cette théorie se résume dans les propositions suivantes :

Le volume moléculaire d'une substance composée est la somme des volumes de ses éléments constituants ; c'est la loi fondamentale. (*Annales de Poggendorff*, tome L, page 554.)

L'égalité, ou du moins un rapport simple entre les volumes moléculaires, a lieu pour les liquides à des températures inégales, pour lesquelles la force élastique de leurs vapeurs est la même. (*Annales de Poggendorff*, tome LII, page 228.)

Je ferai remarquer encore que je dois à M. Kopp l'opinion que le point d'ébullition des substances analogues diffère du même nombre de degrés (Liebig, *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome XLI). On doit également à M. Kopp la première démonstration de ce fait, savoir : que la différence des volumes moléculaires de combinaisons analogues est le même à l'état liquide pour des températures également distantes du point d'ébullition.

MÉMOIRE SUR LA RÉSINE ICICA ;

PAR M. F. SCRIBE.

Cette résine était conservée dans les collections du Muséum du Jardin des Plantes sous le nom de *Storax de Cayenne;* mais elle n'a ni les caractères ni la composition du baume appelé généralement en France storax ou styrax calamite, qui s'extrait par incisions du *Styrax officinale*.

L'étude de ce produit m'avait été confiée par M. Dumas, auquel M. Adolphe Brongniart l'avait remis; les analyses que je vais en rapporter ont toutes été exécutées dans son laboratoire. L'échantillon était envoyé de Cayenne; mais son origine végétale ne nous était pas d'abord connue; toutefois M. Brongniart l'avait déjà rangé parmi les produits résineux du genre Icica, si répandu à la Guiane, de la famille des Burséracées. Ce classement provisoire fut confirmé, plus tard, par l'identité d'aspect et de composition que l'analyse comparative permit d'établir entre cet échantillon et une autre résine de Cayenne appartenant, de notion certaine, au genre Icica.

Elle se présente sous la forme de petites masses ou de grains opaques, d'un blanc jaunâtre, et mêlés de quelques débris d'écorce. Leur odeur est douce et assez agréable; la chaleur ou la pulvérisation l'augmentent légèrement. Ils sont friables, se brisent sous la dent, et ne présentent alors qu'une saveur peu sensible. Leur cassure est blanche, parsemée de quelques veines jaunâtres. Ils n'abandonnent rien à l'eau, et ne laissent dégager aucune substance volatile, lorsqu'on les distille avec elle.

Elle est de toutes les résines la moins soluble dans l'alcool; elle exige, pour être tenue complétement en dissolution, cinquante-cinq fois son poids d'alcool froid à 36 degrés, quinze fois son poids d'alcool bouillant, trois fois et demie son poids d'essence de térébenthine à la température ordinaire. L'action de ces dissolvants n'a lieu que d'une manière lente à froid; il faut les chauffer d'abord pour accélérer la dissolution, puis les laisser refroidir et en séparer la résine en excès.

Elle présente à l'analyse trois résines particulières se distinguant entre elles par leur composition et leur solubilité, mais présentant toutes les trois une neutralité complète. Elles ne se dissolvent dans aucun alcali ni à chaud ni

à froid ; leur dissolution alcoolique ne marque rien au tournesol, et ne précipite aucun sel de plomb ou d'argent. Pour ne point occasionner de confusion dans l'exposition des propriétés et des analyses de ces trois substances, j'ai cru devoir donner à chacune d'elles des noms provisoires, fondés sur quelques-uns de leurs caractères respectifs. Les deux premières, que je nomme la *bréane* et l'*icicane,* cristallisent facilement, possèdent les propriétés qui caractérisent les sous-résines de M. Bonastre, et peuvent être considérées comme des hydrates d'un hydrogène carboné multiple de l'essence de térébenthine; la troisième est incristallisable et présente la même composition que la colophane. La bréane, l'icicane et la colophane de l'icica peuvent donc s'exprimer toutes les trois en fonction de l'essence de térébenthine.

On obtient séparément ces trois résines en ayant recours à leurs différents degrés de solubilité dans l'alcool. On commence par dissoudre complétement dans l'alcool bouillant la résine icica pulvérisée ; la dissolution, après avoir été filtrée à chaud pour la débarrasser des matières ligneuses en suspension, laisse cristalliser, en se refroidissant, la bréane, tandis que l'eau mère retient en dissolution l'icicane et la colophane.

Bréane. — Cette substance, séparée de l'alcool, cristallisée de nouveau, et desséchée à 120 degrés dans le vide, a fourni à l'analyse par l'oxyde de cuivre et le courant d'oxygène, les résultats suivants :

I. $0^{gr},519$ de matière ont donné 0,545 d'eau et 1,5960 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},610$ de matière ont donné 0,652 d'eau et 1,876 d'acide carbonique.

III. $0^{gr},712$ de matière ont donné 0,764 d'eau et 2,189 d'acide carbonique.

IV. $0^{gr},472$ de matière ont donné 0,505 d'eau et 1,456 d'acide carbonique.

Ce qui représente en centièmes :

	I.	II.	III.	IV.	
Carbone...	83,85	83,86	83,83	84,12	C=75,0 H=12,5
Hydrogène.	11,65	11,86	11,91	11,87	
Oxygène...	4,50	4,26	4,26	4,01	
	100,00	100,00	100,00	100,00	

Les nombres précédents, obtenus sur des échantillons provenant de différents traitements, peuvent être représentés par la formule exprimée en équivalents :

$$C^{40} H^{64} 3 HO,$$

qui exige en centièmes :

Carbone....	84,06
Hydrogène..	11,73
Oxygène....	4,21
	100,00

Ce serait donc un hydrate formé par la combinaison de 3 équivalents d'eau avec un hydrogène carboné multiple de l'essence de térébenthine.

Il est à remarquer que ces nombres s'accordent parfaitement avec ceux qui représentent la cholestérine, d'après les analyses de M. Chevreul et les nouveaux résultats obtenus par M. Payen.

Cette première résine est blanche, nacrée, sèche au toucher, insipide, cristallisant facilement en petites aiguilles étoilées, non phosphorescente, parfaitement neutre, brûlant avec une flamme fuligineuse, insoluble dans l'eau et les alcalis, presque insoluble à froid dans l'alcool. L'alcool, en effet, à la température ordinaire, n'en dissout que $\frac{1}{100}$ de son poids; l'éther peut en dissoudre $\frac{25}{100}$ du sien. La chaleur la fond ; elle est complétement liquéfiée à 157 degrés environ ; en se refroidissant, elle devient visqueuse, susceptible de s'étirer en fils, mais complétement solide vers 105 degrés; c'est alors une substance de l'aspect du succin, et se fendillant presque toujours dans tous les sens.

A la distillation sèche elle fond, se colore en jaune, puis en brun, donne des huiles empyreumatiques et une matière solide, jaune, volatile, qui se dépose en couche amorphe dans le col de la cornue; on obtient pour résidu une faible quantité de charbon. L'acide sulfurique concentré la dissout sans l'altérer en se colorant en rouge; l'acide nitrique l'altère à chaud, dégage des vapeurs rutilantes et forme une matière jaune, acide, soluble en partie dans l'acide nitrique dont elle se précipite par l'eau.

En définitive, cette substance est remarquable non-seulement par sa composition identique avec celle de la cholestérine, et dérivée de l'essence de térébenthine, mais aussi en ce qu'elle se rapproche, par ses propriétés et sa composition, de la matière neutre particulière que M. Bonastre a séparée d'autres résines naturelles, et à laquelle il a donné le nom de *sous-résine*. M. Dumas a déjà trouvé la même composition que celle exprimée ci-dessus, dans les sous-résines de l'arbre à brai, de la résine alouchi, de la résine élémi, de la résine animé. Elle existe encore, d'après les analyses de M. Filhol, dans le copal tendre du Brésil. Enfin, plusieurs sous-résines presque insolubles dans l'alcool froid, telles que celles de la térébenthine de Strasbourg, du baume de la Mecque, du mastic de l'île de Chio, semblent être identiques avec la bréane, du moins par l'analogie de leurs propriétés.

Ayant à ma disposition un échantillon de la sous-résine de l'arbre à brai, j'ai pu comparer les propriétés de ce produit avec celles de la sous-résine icica. La résine de l'arbre à brai possède la même composition, se comporte de même à l'action de la chaleur, des alcalis et des acides; mais elle en diffère par sa phosphorescence, la facilité remarquable avec laquelle elle cristallise, et sa solubilité trois fois plus grande dans l'alcool. C'est cette facilité de cristallisation d'un éclat argenté particulière à la résine de l'arbre à brai,

qui m'a porté à choisir cet échantillon comme type, auquel j'ai rapporté la sous-résine icica. Par suite, j'ai donné à celle-ci le nom de *bréane*.

Icicane. — Les eaux mères du produit précédent renferment encore des mélanges de bréane, d'icicane et de colophane. On les sépare les unes des autres en concentrant légèrement la liqueur, rejetant la première portion qui cristallise, c'est-à-dire la bréane impure, et décantant la liqueur alcoolique, dont on retire de nouveau un produit cristallin par l'évaporation; c'est la seconde résine, l'icicane, tandis que la colophane, beaucoup plus soluble, reste dans la dernière eau mère.

L'icicane, que l'on purifie de la substance incristallisable par quelques lavages à l'alcool, desséchée à 120 degrés dans le vide, a fourni à l'analyse par l'oxyde de cuivre et le courant d'oxygène, les résultats suivants :

I. $0^{gr},616$ de matière ont donné 0,6465 d'eau et 1,855 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},488$ de matière ont donné 0,518 d'eau et 1,4685 d'acide carbonique.

III. $0^{gr},492$ de matière ont donné 0,510 d'eau et 1,477 d'acide carbonique.

Ce qui représente en centièmes :

	I.	II.	III.	
Carbone....	82,11	82,06	81,86	C = 75,0 H = 12,5
Hydrogène..	11,64	11,78	11,50	
Oxygène....	6,25	6,16	6,64	
	100,00	100,00	100,00	

Ces nombres, obtenus sur des échantillons de différents traitements, peuvent être représentés par la formule exprimée en équivalents :

$$C^{160} H^{137} O^{9},$$

qui exige en centièmes :

Carbone....	82,12
Hydrogène..	11,71
Oxygène....	6,17
	100,00

Cette formule se décompose en deux autres :

$$C^{10}H^{16}\,3HO + C^{10}H^{16}\,6HO.$$

L'icicane peut donc être regardée comme un produit conjugué formé par l'association d'un hydrate d'hydrogène carboné multiple de l'essence de térébenthine, et identique à la bréane étudiée ci-dessus, avec un autre hydrate du même multiple analogue à celui que MM. Dumas et Peligot ont obtenu de l'essence de térébenthine abandonnée à elle-même en contact avec l'acide nitrique dilué.

Cette substance possède les mêmes caractères que la bréane. Elle a le même point de fusion, la même neutralité d'action au tournesol et aux alcalis. Elle se conduit de même à la distillation sèche et en présence des acides. La solubilité dans l'alcool en est nécessairement différente; l'alcool froid n'en dissout cependant que $\frac{2}{100}$ de son poids. Sa solubilité dans l'éther est la même que celle de la bréane.

Il est à remarquer ici que M. Boussingault a déjà retiré, en 1835, de la cire du palmier *Ceroxylon andicola* une résine semblable par ses propriétés à l'icicane. Elle en possède aussi la même composition, qui est représentée, en effet, d'après les analyses de M. Boussingault, par les nombres :

Carbone....	81,81	82,54	82,1
Hydrogène..	11,50	11,49	"
Oxygène....	6,69	5,97	"
	100,00	100,00	

Ces résultats s'accordent avec les précédents. L'existence simultanée de l'icicane dans la résine icica et dans la cire du palmier céroxylon fait présumer qu'elle doit être aussi répandue, comme la bréane, dans d'autres résines naturelles, et permet de la considérer comme une nouvelle variété de sous-résine neutre différente des précédentes.

Colophane de la résine icica. — Enfin, la dernière eau mère du produit précédent, après avoir abandonné tout produit cristallisable, laisse déposer en petite quantité la

colophane, substance amorphe, jaune, fusible au-dessous de 100 degrés, beaucoup plus soluble dans l'alcool et l'éther que les produits précédents. Sa dissolution alcoolique concentrée marque quelque acidité au tournesol, mais elle ne se dissout pas dans les alcalis, et possède tous les autres caractères des substances neutres. La faible quantité de ce produit ne m'en a permis qu'une seule analyse par l'oxyde de cuivre et le courant d'oxygène; elle a fourni les résultats suivants :

0gr,436 de matière ont donné 0,420 d'eau et 1,246 d'acide carbonique.

Ce qui représente en centièmes :

Carbone....	77,93	C = 75,0 H = 12,5
Hydrogène..	10,69	
Oxygène....	11,47	
	100,00	

Ces nombres se rapprochent de ceux qui représentent la colophane; ce dernier produit serait donc exprimé par la formule de la colophane :

$$C^{40}H^{30}O^{4} \quad \text{ou} \quad C^{40}H^{30}O^{6}.$$

En résumé, la résine icica contient trois résines neutres, dont deux cristallisables, et la troisième incristallisable.

La première se range dans le groupe des sous-résines de M. Bonastre, présente une composition identique avec celle de la cholestérine, et a déjà été trouvée dans un grand nombre de résines naturelles.

La deuxième, plus soluble, semble être une variété de sous-résine différente de la précédente. Son existence simultanée n'est jusqu'ici démontrée que dans la résine du palmier *Ceroxylon andicola*, et dans la résine du genre Icica de la Guiane.

Toutes les deux peuvent être représentées comme des hydrates d'essence de térébenthine, considération qui peut s'étendre au groupe entier des sous-résines cristallisables de M. Bonastre; tandis que la plupart des résines acides, telles

que les térébenthines, les résines de copahu, seraient des oxydes d'essence de térébenthine avec perte d'hydrogène au moment de la résinification.

Le dernier produit de la résine icica est incristallisable, beaucoup plus soluble, plus fusible que les précédents, mais insoluble comme eux dans les alcalis; sa composition se rapproche de celle de la colophane. Il existerait donc aussi une colophane particulière, distincte par sa neutralité des colophanes acides déjà connues.

OBSERVATIONS DIVERSES SUR LA CHALEUR ANIMALE;

PAR M. LE D[r] JOHN DAVY.

(Extrait des *Transactions philos. de la Société royale de Londres*, année 1844, 1re partie, page 57.)

Traduit par M. J.-Isidore PIERRE.

I. — *Sur la température de la pélamide* (Pelamys sarda, Cuv. et Val.).

On considère généralement les poissons comme des animaux à sang froid. Dans un ouvrage publié en 1839, j'ai établi quelques faits tendant à démontrer que cette opinion communément reçue n'est pas complétement exacte, et que les poissons du genre *Thrymus* et quelques autres de la famille des *Scombres* doivent être considérés comme des exceptions (1).

Comme cette conclusion reposait, en grande partie, sur les rapports des pêcheurs, il était à désirer qu'on déterminât, par des mesures thermométriques faites au moyen des procédés dont on dispose aujourd'hui, la véritable température des poissons de cette famille.

Jusqu'à présent, malgré la sollicitude avec laquelle j'ai

(1) *Recherches physiologiques et anatomiques*, tome I, page 218.

cherché toutes les occasions, malgré l'aide que m'ont promise des amis placés dans des circonstances favorables, il m'a été impossible de faire aucune observation de ce genre, si ce n'est dans une seule espèce de ces poissons, la pélamide, la *Pelamys sarda* de Cuvier et de Valenciennes. La Pélamide, comme beaucoup de ses congénères, est un poisson migrateur. Au commencement de l'été on la trouve dans la mer de Marmara et dans le Bosphore, au mois d'août dans la mer Noire, d'où elle revient, après le frai, en septembre et octobre, époque de son passage dans la Méditerranée. On la prend de la même manière que le thon.

En juin 1841, pendant mon séjour à Constantinople, j'allai visiter un établissement de pêche pour ce poisson, à l'entrée de la mer de Marmara, et j'assistai à une petite pêche qui me permit de déterminer la température de quatre sujets. Cette détermination fut faite au moment de leur extraction de l'eau; on les avait placés dans une boîte le long du filet. On introduisait le réservoir d'un thermomètre par une petite incision faite dans les muscles du dos, à une profondeur d'environ 1 ½ pouce, et immédiatement après, dans la cavité de l'abdomen. Dans trois cas, le thermomètre du dos s'éleva à 75 degrés Fahrenheit (1); dans un cas, à 74 degrés; dans tous, le thermomètre de l'abdomen s'éleva à 73 degrés. Les pélamides étaient de taille moyenne, avaient entre 2 et 3 pieds de longueur. La température de l'air, prise au même instant, était de 71 degrés; celle de la mer, à la surface, de 68 degrés; mais il est probable qu'à la profondeur à laquelle avaient été pris les poissons, elle était moindre de quelques degrés, le courant descendant du Bosphore étant alors à 62 degrés. En supposant que l'eau dans laquelle on les avait

(1) 23°,89, et l'on se rappellera que dans tout le cours de ce Mémoire, les températures sont exprimées en degrés du thermomètre de Fahrenheit.

pris fût à 62 degrés (et elle pouvait être à une plus basse température, car les pélamides nagent au fond de l'eau), la température de ces poissons serait d'environ 12 degrés Fahrenheit supérieure à celle du milieu dans lequel ils nagent, et d'au moins 7 degrés supérieure à celle de la surface.

Le résultat précédent paraît s'accorder avec cette conclusion, que tous les poissons ne sont pas des animaux à sang froid. Dans l'ouvrage auquel je faisais allusion tout à l'heure, en raisonnant d'après la moindre grosseur des nerfs respiratoires de la *Pelamys sarda,* comparés à ceux du thon, j'émis la conjecture que la température propre de la première devrait être moindre que celle du thon, et néanmoins plus élevée que celle des poissons des autres genres qui ont les nerfs respiratoires beaucoup plus petits. Cette conjecture était confirmée par les observations précédentes.

Pour compléter mes recherches, je fus amené à étudier le sang de ces poissons.

Je n'ai pu faire cet examen que sur trois espèces : l'espadon, la *Pelamys sarda* et le thon commun. En considérant la grande difficulté qu'on éprouve à se procurer pour les expériences des sujets dans des conditions favorables à l'examen, on comprendra pourquoi j'offre aujourd'hui mes résultats, malgré leur imperfection. L'espadon paraît moins abondamment pourvu de sang que la pélamide, et celle-ci moins que le thon commun, et par suite, les muscles des deux premiers sont moins fortement colorés que ceux du dernier.

Le sang du thon est très-riche en matière rouge; cette circonstance est indiquée non-seulement par son apparence, mais aussi par son poids spécifique, que j'ai trouvé égal à 1,070. Le sang que j'ai examiné fut pris sur un poisson de la mer de Marmara, qui pesait entre 200 et 300 livres (1).

(1) La livre anglaise équivaut à 453gr,1.

Le sang de la pélamide paraît moins riche en matière colorante rouge que celui du thon, mais plus riche que celui de l'espadon : je n'ai pas déterminé son poids spécifique. J'ai trouvé 1,051 pour le poids spécifique du sang de l'espadon; le poisson dont le sang fut l'objet de cette détermination avait été pris dans le Bosphore, dans le mois de décembre; il était très-gros.

Sous le microscope, l'aspect des particules rouges du sang de ces trois poissons était tout à fait le même. C'étaient ordinairement des globules ovales, minces, très-mous, contenant un noyau ellipsoïdal; ils étaient entremêlés de globules circulaires. Les dimensions moyennes des globules de la pélamide étaient comprises entre $\frac{1}{2000}$ et $\frac{1}{3000}$ de pouce (1); celles des globules de l'espadon entre $\frac{1}{3000}$ et $\frac{1}{4000}$, et celles des globules du thon, entre $\frac{5}{8000}$ et $\frac{3}{8000}$.

Il est généralement admis aujourd'hui que les particules rouges constituent la portion du sang qui joue le rôle le plus important dans la production de la chaleur animale. Quel contraste si l'on compare le sang de ces poissons avec celui de quelques espèces plus froides, des espèces cartilagineuses particulièrement, qui possèdent une très-minime quantité de sang, un cœur petit en proportion, et dont le sang est pauvre en globules rouges !

J'ai trouvé que la densité du sang du *Squalus acanthias* est très-peu supérieure à celle de son sérum: l'un a pour poids spécifique 1,030; l'autre, 1,027.

Il semble résulter de ces faits, que la constitution particulière des globules rouges exerce une espèce d'influence dont l'effet serait de faciliter leur union avec l'oxygène. On peut émettre comme conjecture l'idée que leur noyau peut produire un effet de ce genre, en admettant, ce qui est possible, que le globule sanguin et son noyau, le contenant et le contenu, sont, l'un par rapport à l'autre, dans

(1) Le pouce anglais vaut 25^{mm},4.

des états électriques opposés. Si l'on objecte qu'il doit exister, quel que soit l'état de ces noyaux, une certaine analogie entre les globules de sang des poissons, des oiseaux et des reptiles, dont la température propre est ordinairement si différente, on peut répondre que, dans toutes ces classes d'animaux, il serait possible d'assigner une telle constitution du globule sanguin, que cette condition fût remplie; les oiseaux lui devraient une partie de la haute température qui leur est propre, tandis que dans les poissons et les reptiles, chez la plupart desquels la proportion des globules rouges est très-petite, où la constitution du globule sanguin est différente, cette portion de chaleur ne pourrait être développée complétement.

II. — *Sur la température de l'homme d'un âge avancé.*

N'ayant trouvé dans aucune publication des observations sur la température de l'homme dans l'âge avancé, j'ai été conduit à faire quelques expériences dont je vais décrire en peu de mots les résultats.

Première expérience. — Homme de quatre-vingt-onze ans; faible sur ses jambes, mais d'une assez bonne santé; natif de Grasmer, dans le Westmoreland, où il avait toujours résidé, dans l'aisance, cultivant ses propres terres.

En juin, la température de l'air étant à 15°,6 cent., un thermomètre placé sous sa langue monta jusqu'à 37°,5 cent.; ses mains étaient chaudes, le pouls donnait quarante-huit pulsations, fortes, intermittentes. L'observation fut faite à deux heures après midi; il avait dîné à midi. Le 28 octobre suivant, sa température fut encore mesurée, à peu près à la même heure; l'air extérieur était à + [illegible],5, l'air de sa chambre à + 11°,1; le thermomètre placé sous sa langue marqua + 36°,9; le pouls cinquante-six pulsations; l'état de sa santé tout à fait le même que la première fois.

Deuxième expérience. — Homme de quatre-vingt-huit ans, natif également de Grasmer, où il a résidé la majeure

partie de sa vie en qualité de journalier; il est assez ferme sur ses jambes, mais affecté d'une toux chronique et d'une difficile respiration. En juin, la température de l'air étant à 15°,5, un thermomètre placé sous sa langue monta jusqu'à 37°,5; le pouls donnait cinquante-six pulsations et était un peu faible; il avait dîné trois heures auparavant.

Le 28 octobre, une heure après dîner, le pouls donnait soixante-dix pulsations; le thermomètre s'éleva, sous sa langue, à 36°,6; l'air de la chambre était à 12°,8.

En février, environ trois heures après le dîner, le pouls donnait quarante-quatre pulsations faibles, le thermomètre placé sous la langue donna 35°,5. C'était le 27 du mois, l'air de sa chambre était alors à 6°,7, et l'air extérieur à 0 degré à peu près, après une chute de neige considérable et un froid vif de plusieurs jours. Le vieillard était plus faible que l'été et l'automne précédents, et quoiqu'il ne se plaignît pas du froid, sa main était glacée.

Troisième expérience. — La femme du précédent, mère de plusieurs enfants, âgée de soixante-seize ans, vigoureuse pour son âge, mais aveugle par une cataracte compliquée d'amaurose. Sa température, observée à la même époque que celle de son mari, en juin, se trouvait être, sous la langue, de 36°,9; le pouls, assez fort, donnait soixante-dix-huit pulsations; observée de nouveau en octobre, sa température était de 36°,6, le pouls donnait soixante-dix pulsations; en février, le 27, 37°,2 et quatre-vingts pulsations.

Quatrième expérience. — Quatre-vingt-sept ans, natif d'Ambleside, où il a résidé ordinairement; faible, mais d'une santé passable, si l'on en excepte une toux chronique.

26 octobre, à trois heures après midi: Température sous la langue, 36°,9; pouls assez fort, quatre-vingt-quatre pulsations; température de l'air de la chambre, 13°,9; température de l'air extérieur, + 5°,5 environ.

Cinquième expérience. — Quatre-vingt-douze ans, habitant du même village que le précédent.

26 octobre : Température sous la langue, 36°,6 ; on ne put la déterminer avec une parfaite exactitude, à cause du tremblottement de sa tête, tremblottement dont les membres étaient également affectés, ce qui ne permit pas de compter les pulsations du pouls ; du reste, il était dans un état de santé assez satisfaisant.

Sixième expérience. — Habitant d'Ambleside, chapelier de son état, âgé de quatre-vingt-neuf ans, bien portant, capable d'aller à l'église.

27 octobre : Air de la chambre, 13°,5 ; air extérieur, 5°,6 ; soixante-quatre pulsations, fortes et régulières ; thermomètre sous la langue, 36°,0.

27 février, à une heure après midi, aussitôt après dîner : Air extérieur, 0 degré ; air de la chambre, 12°,2 ; température sous la langue, 37°,5 ; soixante-dix pulsations.

Septième expérience. — Femme du précédent, plus jeune de deux ans.

27 octobre : Température, 36°,9 ; quatre-vingt-huit pulsations, irrégulières.

Cette femme était très-infirme et souffrait d'un asthme.

Huitième expérience. — Né en Écosse, âgé de quatre-vingt-quinze ans, demeurant actuellement à Ambleside, où il est resté longtemps, toujours en bonne santé, assez robuste encore et assez actif.

28 octobre : Température sous la langue, 36°,9 ; cinquante-six pulsations, intermittentes ; température de l'air de la chambre, 13°,9.

Dans tous les exemples qui précèdent, les vieillards, au moment des observations, étaient assis au coin de leur feu, comme c'est leur usage pendant la majeure partie de l'année dans le climat froid du Westmoreland ; et, à une seule exception près, tous paraissaient avoir confortablement

chaud; le plus pauvre d'entre eux n'était pas dans l'indigence.

On représente communément la vieillesse comme froide, et l'on suppose que la température du corps diminue à mesure qu'il avance en âge. Les résultats qui précèdent ne s'accordent pas avec cette opinion ; ils semblent indiquer, au contraire, que la température des vieillards, du moins dans les parties profondément situées, dont la langue, à sa base, peut donner une idée, est plutôt supérieure qu'inférieure à la température moyenne de l'âge moyen, en admettant, comme on le fait ordinairement, que cette dernière est d'environ 36°,6 centigrades.

Cela ne doit peut-être pas surprendre, si l'on réfléchit que la majeure partie de la nourriture prise par les vieillards (et ils ont généralement bon appétit) est très-probablement employée surtout à subvenir aux fonctions de la respiration, une très-faible partie étant employée à subvenir aux pertes qu'éprouve le corps.

Dans un âge très-avancé, aussi bien que dans la première enfance, il est probable que la force de résistance au froid est faible, et que la température du corps peut s'abaisser facilement.

Une observation que j'ai faite à Ceylan il y a plusieurs années, semble confirmer cette manière de voir. A sept heures du matin, l'air étant à la température de 22°,8 cent., je pris la température d'un vieillard de cent ans accomplis, et celle d'un enfant d'environ douze ans, ayant froid tous les deux, vêtus très-légèrement et placés hors des habitations; la température du vieillard était, sous la langue, 35°,0; sous l'aisselle, 33°,9; celle de l'enfant était, sous la langue, 36°,6, et sous l'aisselle, 35°,8. L'observation faite sur le vieillard de Grasmer, dans le mois de février, par un temps froid, est également favorable à cette conclusion; tandis que celles qui ont été faites à la même époque, sur les deux autres personnes âgées d'une santé plus

robuste, semblent montrer que, lorsque l'action du cœur est énergique et la circulation libre, la température du corps se maintient aisément au même point.

III. — *Effet de l'air à différentes températures sur la chaleur animale.*

Il semble résulter d'observations faites sur l'homme dans le voisinage des tropiques, et entre les tropiques en descendant d'une contrée montagneuse froide dans un pays bas et chaud, que la température de l'homme, mesurée par un thermomètre placé sous la langue, est sujette à des variations; qu'elle s'élève de 0°5 à 1 degré centig. dans une atmosphère chaude, et qu'elle s'abaisse à peu près d'autant sous l'influence d'une atmosphère froide (1). Il est probable que de semblables différences d'effet peuvent se produire sous l'influence de l'air pris à différents degrés de température dans les appartements des pays que nous habitons.

Dans l'automne de l'année dernière, visitant la manufacture de coton de Deanstone, dans les environs de Doune (Stirlingshire), établissement admirablement conduit, et qui mérite d'être placé parmi ceux du premier rang, je profitai de la circonstance pour essayer la température de quelques individus, afin de jeter quelque lumière sur la question qui nous occupe. Dans la chambre appelée la chambre d'assemblage, la nature du travail exige constamment une température élevée, température qu'on obtient au moyen d'un mélange d'air chaud et de vapeur. La température de cette chambre étant à 33°,3 cent., le thermomètre, placé sous la langue d'un homme qui était à l'ouvrage depuis environ six heures, s'éleva jusqu'à 38°,0; avec un autre ouvrier, qui s'y trouvait depuis le même temps à peu près, je trouvai 37°,8. Le premier, âgé de cinquante-deux ans, était bien portant; son pouls donnait soixante-quatre pul-

(1) Ouvrage précité, tome I, page 169.

sations; le second, âgé de trente-trois ans, d'une assez bonne santé, était sujet à des aigreurs d'estomac; son pouls donnait soixante-dix-huit pulsations.

Dans une chambre adjacente, où l'air était à la température de 22°,8, le thermomètre, placé sous la langue d'une jeune femme, s'éleva jusqu'à 37°,2. Enfin, dans une grande pièce où trois cents personnes étaient employées à tisser, et où l'air était à 15°,3, le thermomètre, placé sous la langue d'une autre jeune femme bien portante, ne s'éleva que jusqu'à 36°,4.

Quoique peu nombreuses, ces observations semblent confirmer cette conclusion, que le séjour dans l'air échauffé d'une chambre, même pendant un petit nombre d'heures, est capable d'amener une élévation de température du corps humain au-dessus de son état normal, ce qui s'accorde avec la conclusion anticipée qu'on avait déduite des effets des divers états de température atmosphérique.

Comme nouvelle confirmation, je rappellerai en peu de mots les résultats d'observations multipliées que j'ai faites sur la température du même individu. Le sujet sur qui je les répétai était entre deux âges, d'une bonne santé; le thermomètre marquait ordinairement 36°,6 sous la langue, lorsqu'il n'éprouvait ni chaud ni froid. Ces observations furent faites à Constantinople, et l'on sait que le climat de cette capitale est extrêmement variable, souvent froid en hiver et dans le commencement du printemps, et ordinairement très-chaud en été, sujet à de grandes variations à cause de sa position sur les bords de deux mers qui, pendant une grande partie de l'année, présentent, par rapport à la chaleur, des caractères très-différents.

Les observations furent commencées dans les premiers jours de mars, et continuées d'intervalle en intervalle jusqu'à la fin de juillet. Pendant ce laps de temps, le thermomètre varia dans l'air libre depuis —0°,5 jusqu'à 34°,4, et

la température observée sous la langue du sujet varia depuis 36°,1 jusqu'à 37°,5.

Il ne sera pas hors de propos de mentionner quelques cas particuliers.

Le 5 mars, après une exposition de plusieurs heures sur le Bosphore, dans une barque découverte, sous l'inflence d'un vent très-fort, dont la température était d'environ 6°,1, le thermomètre, placé sous la langue du sujet, s'arrêta à 36°,1.

Le 11 du même mois, la terre étant couverte d'une épaisse couche de neige, le thermomètre marquait à l'air libre —0°,5, à sept heures du matin, et 7°,2 dans une chambre à coucher; la température sous la langue s'éleva à 36°,4.

Le 3 avril, le thermomètre marquait 18°,9 dans la chambre, les fenêtres ouvertes; il s'éleva sous la langue du sujet à 36°,9.

Le 17 juillet, le thermomètre marquant à l'extérieur 30°,5, il indiqua, sous la langue du sujet, 37°,5, et le 28 juillet, 37°,2, l'air extérieur étant à 34°,4. Il est à noter que, pendant les grandes chaleurs de juillet, le pouls était moins affecté que la respiration. Habituellement on respire environ soixante fois par minute; la respiration descendait alors communément à 40 inspirations, et même un jour elle s'abaissa jusqu'à 12.

Je crois devoir rapporter encore que je portai mon attention sur la température des extrémités et sur celle des urines, et qu'ordinairement la haute température de celle-ci se maintient pendant les plus basses indications du thermomètre placé sous la langue et aux extrémités. Ainsi, le 5 mars, tandis que le thermomètre marquait, sous la langue, 36°,1, les pieds et les mains étaient froids; la température de l'urine s'élevait à 38°,3; le 28 juillet, la température de l'urine était la même, le thermomètre indiquant 37°,5 sous la langue.

Ces observations ne tendent-elles pas à confirmer nos précédentes conclusions pour la vérification desquelles elles furent entreprises, c'est-à-dire que la température du corps s'élève et s'abaisse d'une manière sensible en même temps que celle de l'air? Ne nous permettent-elles pas encore de conclure que l'élévation de température de l'atmosphère tend à élever la température de la surface du corps et des parties qui avoisinent cette surface dans un rapport un peu plus élevé que celle des organes profondément situés, tandis que l'abaissement de température de l'atmosphère tend à élever la température des organes profondément situés, en même temps que ceux qui sont à la surface sont sujets à des réductions irrégulières sous l'influence des agents refroïdissants auxquels ils sont exposés, et que toutes ses variations paraissent soumises, dans tous les cas, à une sorte de principe de compensation?

IV. — *De l'effet de l'exercice sur la température du corps.*

Ce genre de recherches, malgré son importance évidente, a été bien négligé jusqu'à ce jour, et, à vrai dire, je ne connais aucun ouvrage dans lequel on trouve quelques renseignements précis sur cet important sujet.

Les observations que je vais décrire sont moins nombreuses et plus restreintes que je ne l'eusse désiré; elles furent faites à Constantinople, à divers intervalles de temps, entre le mois de février et celui d'août. Leur objet principal était la détermination de l'effet d'un exercice de marche modérée sur la température du corps.

L'individu sur qui elles furent faites est le même sur qui furent faites celles de la section précédente. Voici, en particulier, quelques-uns des résultats obtenus :

19 février, une heure et demie après midi : Température de la chambre, 15°,5; avant la marche, pieds froids; température entre les orteils, 18°,9; sous la langue, 36°,6; urine, 37°,8. A cinq heures et demie après midi :

Température de l'air libre, 4°,4; aussitôt après le retour de la marche, qui avait passablement échauffé le sujet, les pieds et les mains étaient chauds; les premiers donnaient 35°,8; les dernières, 36°,1; sous la langue, 36°,6; urine, 38°,3.

2 mars, quatre heures et demie après midi : Air extérieur, 10°,0; air de la chambre, 18°,9; les pieds et les mains étaient modérément chauds; les premiers étaient à 23°,9; les dernières, à 27°,2; sous la langue, 36°,6; urine, 37°,7. A cinq heures et demie après midi : Après une marche assez rapide, d'une heure, qui avait produit une douce transpiration, les mains et les pieds étaient chauds; les derniers étaient à 37°,2; les premières, à 36°,6; sous la langue, 36°,6; urine, 38°,6.

20 mars, cinq heures et demie après midi : Air extérieur, 5°,6; le sujet revint échauffé par une marche de trois heures. Les mains, qui avaient été couvertes de gants fourrés, étaient à 37°,2; les pieds, à 36°,0; sous la langue, le thermomètre marquait 36°,6; dans l'urine, 38°,6.

7 avril: Après une marche de trois heures, en plein air, à une température comprise entre 15 et 21 degrés, il revint à cinq heures après midi, transpirant modérément; les mains étaient à 34°,4; les pieds, à 35°,8; sous la langue, 36°,9; urine, 38°,0.

27 mai, à six heures et demie après midi : Après une marche d'une heure et demie, dans un air à 20°,0, il rentra en faible transpiration; température des mains, 35°,0; les pieds chauds; sous la langue 37°,5; urine, 38°,6.

28 mai : Air, 18°,3; sous la langue, avant l'exercice, 36°,9. Après une marche de quatre heures et demie, transpiration modérée; température sous la langue, 36°,6; mains, 33°,9; pieds, 36°,4; urine, 38°,0.

13 septembre, quatre heures après midi : L'air extérieur, sur les bords du Bosphore, était à 24 degrés. Il monta en

vingt minutes environ, sans s'arrêter, le côté escarpé de la colline appelée la montagne du Géant; lorsqu'il atteignit le sommet, il transpirait abondamment; son pouls, qui donnait ordinairement cinquante-deux pulsations, en donnait cent deux; la température des mains était à 36°,6; sous la langue, 36°,6. Le pouls d'un autre individu qui l'accompagnait, du même âge à peu près, transpirant aussi très-abondamment, donnait cent trente-huit pulsations; le thermomètre donnait, sous la langue et dans ses mains, 36°,6. Après la descente, le pouls du premier ne donnait plus que quatre-vingt-quatorze pulsations; sous la langue et dans les mains, le thermomètre marquait 36°,9. Le pouls du second donnait cent douze pulsations; le thermomètre marquait sous la langue 36°,9; tous deux ne transpiraient que faiblement.

Quelle est la conséquence à déduire de ces observations? ne semblent-elles pas indiquer que l'exercice modéré qui provoque une diffusion de chaleur et un accroissement considérable aux extrémités n'augmente, au contraire, que très-peu, si toutefois il l'augmente, la température des parties du corps situées à une certaine profondeur? Et si l'on considère le sang comme le milieu échauffant, échauffé lui-même par la respiration principalement, ne pourrait-on pas trouver en lui la raison de ces faits? Par un exercice actif, le pouls et la respiration sont l'un et l'autre accélérés; on doit penser qu'alors une plus grande quantité d'oxygène est consumée, plus de chaleur produite; la circulation du sang se fait avec plus de rapidité, et il se répand en plus grande abondance dans les extrémités; l'excès de chaleur s'y trouve alors ainsi entraîné et dépensé, ce qui en prévient l'accumulation dans les organes intérieurs et profondément situés, et nous donne un nouvel et remarquable exemple du mécanisme harmonieux de notre organisation.

Toutes les observations consignées dans ce Mémoire ont été faites avec le même thermomètre, et dans chaque cas

on a tenu compte, dans l'évaluation des résultats, des erreurs de graduation.

Ces corrections ont été faites avec le plus grand soin, par la comparaison de mon thermomètre avec un étalon appartenant au professeur Forbes, d'Édimbourg, qui avait eu l'obligeance de me le confier pour cet usage.

EXPÉRIENCES SUR LA CHALEUR QUI SE DÉGAGE DANS LES COMBINAISONS;

PAR M. THOMAS GRAHAM.

SECOND MÉMOIRE.

Neutralisation de divers acides par l'hydrate de potasse.

Les moyens que j'ai employés pour observer la chaleur dégagée par les acides qu'on neutralise par la potasse, sont semblables à ceux que j'ai décrits dans mon premier Mémoire. J'ai employé comme récipient et comme agitateur, le même creuset de platine, pesant 1201,9 grains, et le même cylindre creux de palladium, pesant 207,6 grains; mais la quantité constante d'eau employée comme véhicule pour l'acide et l'alcali, fut accrue de 1000 à 1 544 grains, ou 100 grammes, tandis que les quantités équivalentes des substances employées restèrent les mêmes qu'auparavant. La dissolution du corps salin formé dans l'expérience était, par conséquent, de moitié plus étendue, et on évita par là le refroidissement faible, quoique sensible, qu'amenait une dissolution plus étendue et qu'on avait observé dans quelques-unes des premières expériences. L'augmentation de la masse de fluide diminuait l'influence des causes extérieures sur sa température; on se servit d'un thermomètre à mercure d'une plus grande exactitude et dont

e réservoir était un cylindre de 1,25 pouces de long et de ›,3 pouces de diamètre; l'échelle en était graduée en degrés le Fahrenheit, allant de 40 à 70 degrés, chaque degré ayant 0,42 de pouce de longueur (0,74 pouce pour un degré centigrade) divisé en dixième de degré, dont chacun pouvait se diviser à l'œil en cinquième, de manière que l'observation se faisait à un cinquantième de degré F. près. L'œil était dirigé vers l'échelle à travers un tube droit cylindrique d'un petit diamètre, soutenu dans une position horizontale. Le mercure du réservoir de ce thermomètre équivalait en capacité pour la chaleur à 11,5 grains d'eau; le creuset et l'agitateur, à 49 grains, ce qui formait ensemble 60,5 grains d'eau. La capacité du sel dissous ou formé excédait rarement celle de 12 grains d'eau.

I. — *Neutralisation de l'hydrate de potasse par l'acide nitrique et par l'acide chlorhydrique.*

La proportion équivalente d'acide nitrique adoptée dans ces expériences est de 33,85 grains, ce qui est un vingtième de 677, équivalent de l'acide nitrique. On employa à peu près la moitié de la quantité mentionnée dans une expérience, c'est-à-dire 0,455 d'équivalent, étendu dans le creuset avec environ quatre cinquièmes d'eau, tandis que la portion restante des 1544 grains d'eau fut mise dans un petit flacon de verre contenant de l'hydrate de potasse en quantité suffisante pour saturer l'acide et laisser un *léger* excès d'alcali. Ces deux liquides furent ensuite amenés exactement à la même température qu'on observa au moyen de deux thermomètres, dont on avait exactement déterminé les points correspondants, et on vida alors la dissolution de potasse dans l'acide nitrique. Voici quels sont les résultats de trois observations sur la température des liquides avant le mélange, et après le mélange :

Avant le mélange......	61°,91	62°,13	62°,13
Après le mélange......	66 ,70	66 ,91	66 ,89
Élévat. de température.	4 ,79	4 ,78	4 ,76

En augmentant de 4°,78 la moyenne des expériences, dans la proportion de 0,455 à 1, nous avons 10°,50 comme élévation de température qu'on obtiendrait en saturant un équivalent entier de potasse par l'acide nitrique.

La chaleur dégagée par la combinaison est sensiblement modifiée par une différence considérable dans la température à laquelle on mêle l'acide et l'alcali; elle l'est moins à une température basse. C'est ce qu'on voit dans les expériences suivantes, dans lesquelles on neutralisa 0,5 d'équilent d'acide nitrique à une température plus basse de 22 degrés que dans les premières expériences :

Avant le mélange......	40°,25	40°,60
Après le mélange......	45 ,43	45 ,80
Élévat. de température.	5 ,18	5 ,20
	Moyenne....	5°,19

Nous avons ainsi, pour la chaleur dégagée par la neutralisation de l'acide nitrique au moyen de l'hydrate de potasse :

10°,50 à 62 degrés Farenheit,
10 ,38 à 40 degrés Farenheit.

On neutralisa un demi-équivalent d'acide chlorhydrique, savoir 11,38 grains avec de l'hydrate de potasse en léger excès, absolument de la manière dont on avait traité l'acide nitrique dans l'expérience précédente. On obtint ainsi les résultats suivants :

Avant le mélange......	60°,20	60°,00	59°,95
Après le mélange......	65 ,30	65 ,15	65 ,10
Élévat. de température.	5 ,10	5 ,15	5 ,15

La moyenne s'élève à 5°,13 pour 0,5 d'équivalent d'acide chlorhydrique, ou 10°,26 pour 1 équivalent de cet acide; par conséquent, la neutralisation de l'hydrate de potasse, en dissolution très-étendue avec ces deux acides différents, produit à peu près le même dégagement de chaleur: donc le résultat, avec l'acide nitrique, est de 10°,50.

La chaleur de la combinaison semble aussi être sensible-

ment modifiée par la température de l'expérience :

Avant le mélange......	40°,00	40°,25
Après le mélange......	45 ,02	45 ,30
Élévat. de température.	5 ,02	5 ,05
	Moyenne....	5°,03

d'où il résulte que la chaleur de la neutralisation de l'acide chlorhydrique par l'hydrate de potasse, est de

10°,26 à 60 degrés Fahrenheit,
10 ,06 à 40 degrés Fahrenheit.

On doit noter dans quelle proportion élevée le froid, qui se produit en dissolvant dans l'eau le nitrate de potasse cristallisé et le chloride de potassium, qui sont les sels produits dans ces expériences, agit sur la chaleur observée dans la formation des mêmes sels.

On fit dissoudre dans la quantité d'eau ordinaire 1 équivalent de nitrate de potasse cristallisée (63,25 grains) qui avait été bien séché, pesé et tamisé :

Avant la dissolution....	61°,80	62°,20	61°,88
Après la dissolution....	56 ,10	56 ,45	56 ,18
Abaissem. de températ.	5 ,70	5 ,75	5 ,70
	Moyenne...	5°,72	

Avant la dissolution....	56°,45	57°,70	55°,45
Après la dissolution....	50 ,80	52 ,00	49 ,75
Abaissem. de températ..	5 ,65	5 ,70	5 ,70
	Moyenne...	5°,68	

Le refroidissement produit par la dissolution de ce sel n'est pas toutefois constant, mais il s'accroît sensiblement à de basses températures, et c'est une règle qui paraît prévaloir dans une certaine classe de sels ; en effet, on a :

Avant la dissolution....	47°,00	46°,40	45°,95
Après la dissolution....	41 ,05	40 ,47	40 ,00
Abaissem. de températ.	5 ,95	5 ,93	5 ,95
		Moyenne.	5°,94

En comparant la dernière série d'expériences avec celle qui précède immédiatement, on remarquera qu'une différence de 10 degrés, à cette partie de l'échelle, fait une différence de 0,26 ou de 1,22 de l'abaisssement de la température produite par la dissolution de 1 équivalent de nitrate de potasse. C'est probablement cette absorption croissante de chaleur, à une température basse, qui produit la diminution qu'on a obtenue à cette partie de l'échelle, dans la chaleur de combinaison du sel.

D'un autre côté, le froid, produit en dissolvant plusieurs équivalents de nitrate de potasse, successivement à une température constante, diminue considérablement le nombre des équivalents de sel dissous pour une même quantité d'eau. La capacité de chaleur du sel cristallisé est de 0,239 (Regnault).

Si l'on dissout dans 1 544 grains d'eau, le premier équivalent de nitrate de potasse donne :

	62°,34	63°,68
	56 ,68	57°,90
Abaissement..	5 ,66	5 ,78
	Moyenne...	5°,72

Le second équivalent de nitrate de potasse :

	63°,47	63°,12
	58 ,17	57 ,86
Abaissement.	5 ,30	5 ,26
	Moyenne...	5°,28

Le troisième équivalent de nitrate de potasse :

	63°,40	63°,56
	58 ,47	58 ,61
Abaissement.	4 ,93	4 ,95
	Moyenne...	4°,94

Le quatrième équivalent de nitrate de potasse :

	63°,57	63°,35
	58 ,95	58 ,76
Abaissement.	4 ,62	4 ,59
	Moyenne ..	4°,61

Le cinquième équivalent de nitrate de potasse :

	63°,40	63°,34
	59 ,08	59 ,10
Abaissement.	4 ,32	4 ,24
	Moyenne...	4°,28

Le sixième équivalent de nitrate de potasse :

	63°,45
	59 ,63
Abaissement..	3 ,82

D'après cette diminution dans l'absorption de chaleur qu'on observe dans les dissolutions des derniers équivalents de nitrate de potasse, l'addition d'eau dans la dissolution concentrée qu'on a obtenue occasionne une plus grande absorption de chaleur; ce qui revient à dire qu'une dissolution délayée produit du froid.

La dernière dissolution, qui consistait en 379,5 grains de potasse dissous dans 1 544 d'eau, et qui formait une dissolution à peu près saturée pour sa température, fut mêlée avec un poids égal de 1 544 grains d'eau dans un creuset d'argent, à spatule d'argent, pesant 1 650 grains; et les deux liquides étant à la même température, on obtint :

Avant le mélange... ..	63°,19
Après le mélange......	61 ,91
Abaissem. de températ.	1 ,28

Ayant ajouté 1 544 grains d'eau à cette dissolution, il y eut un abaissement de température peu considérable.

Avant le mélange......	63°,57
Après le mélange......	63 ,19
Abaissem. de températ.	0 ,38

Il paraît, d'après ces expériences successives sur la dissolution d'équivalents successifs de nitrate de potasse dans la quantité d'eau, qu'une grande partie du refroidissement même qui a lieu par la dissolution du sel doit être attribuée à la dilution de la dissolution et non à la simple liquéfaction

ou dissolution du sel cristallisé ; mais cela devient plus sensible en dissolvant un sel d'une grande solubilité, comme le nitrate d'ammoniaque, dont on peut faire dissoudre successivement un plus grand nombre d'équivalents.

Si on dissout dans 1544 grains d'eau 100,4 grains, ou 2 équivalents de nitrate d'ammoniaque, on obtient :

	66°,26
	57 ,61
Abaissement.	8 ,34

Troisième et quatrième équivalents :

	66°,43
	58 ,91
Abaissement.	7 ,52

Cinquième et sixième équivalents :

	66°,21
	59 ,36
Abaissement.	6 ,85

Septième et huitième équivalents :

	66°,10
	59 ,82
Abaissement..	6 ,28

Neuvième et dixième équivalents :

	66°,26
	60 ,41
Abaissement.	5 ,85

Onzième et douzième équivalents :

	66°,53
	61 ,06
Abaissement.	5 ,47

Treizième et quatorzième équivalents :

	66°,45
	61 ,29
Abaissement.	5 ,16

Quinzième et seizième équivalents :

	66°,47
	61 ,55
Abaissement.	4 ,92

Dix-septième et dix-hnitième équivalents :

	66°,61
	61 ,99
Abaissement.	4 ,62

Dix-neuvième et vingtième équivalents :

	66°,26
	61 ,91
Abaissement.	4 ,35

Vingt et unième et vingt-deuxième équivalents :

	66°,58
	62 ,45
Abaissement.	4 ,13

Vingt-troisième et vingt-quatrième équivalents :

	66°,66
	62 ,63
Abaissement.	4 ,03

Vingt-cinquième et vingt-sixième équivalents :

	66°,83
	63 ,16
Abaissement.	3 ,67

Vingt-septième et vingt-huitième équivalents :

	66°,53
	62 ,97
Abaissement.	3 ,56

Vingt-neuvième et trentième équivalents :

	66°,57
	63 ,24
Abaissement.	3 ,33

Trente et unième et trente-deuxième équivalents :

	66°,80
	63 ,57
Abaissement.	3 ,23

Trente-troisième et trente-quatrième équivalents :

	66°,37
	63 ,24
Abaissement.	3 ,13

Trente-cinquième et trente-sixième équivalents :

	66°,45
	63 ,50
Abaissement.	2 ,95

Par là nous voyons que, tandis que l'abaissement dans la dissolution des deux premiers équivalents de nitrate d'ammoniaque est de 8°,34, celui des deux derniers n'est que de 2°,95, c'est-à-dire un peu plus du tiers du premier. Le liquide cependant consistait, à la fin de l'expérience, en 1 544 grains d'eau et 1 807,2 grains de sel et avait, par conséquent, une capacité beaucoup plus grande pour la chaleur que l'eau pure. Mais on ne saurait faire actuellement la correction convenable à cet accroissement de capacité, personne n'ayant déterminé la chaleur spécifique du nitrate d'ammoniaque.

La dernière dissolution de nitrate d'ammoniaque, qui était à peu près saturée pour sa température, avait une densité de 1°,247. On y ajouta successivement trois portions de 100 grammes d'eau pour découvrir le refroidissement produit par cette augmentation.

Première dose de 100 grammes d'eau :

Avant le mélange......	66°,83
Après le mélange... ...	60 ,27
Abaissement de températ.	6 ,56

Deuxième dose de 100 grammes d'eau :

Avant le mélange.......	67°,06
Après le mélange.......	64 ,40
Abaissement de températ.	2 ,66

Troisième dose de 100 grammes d'eau :

Avant le mélange.......	67°,06
Après le mélange........	65 ,61
Abaissem. de la températ.	1 ,45

La grande solubilité du nitrate de soude le rend convenable pour de semblables expériences. On remarquera qu'une différence de 13 degrés de température n'affecte pas matériellement le chiffre total de la chaleur absorbée par la dissolution d'un seul équivalent de ce sel. La capacité de chaleur du sel cristallisé est de 0°,278 (Regnault).

1 équivalent de nitrate de soude (53,40 grains), dissous dans 100 grammes d'eau, donne :

Avant la dissolution.......	65°,07	51°,78	51°,53
Après la dissolution.......	61 ,56	48 ,25	48 ,08
Abaissement de la températ.	3 ,51	3 ,53	3 ,55

Dans 10 équivalents de ce sel dissous successivement dans les mêmes 100 grammes d'eau, on a observé les changements de température suivants :

	I.	II.	III.	IV.	V.
	65°,07	65°,01	64°,63	64°,80	64°,84
	61 ,56	61 ,70	61 ,65	63 ,14	62 ,29
Abaissement	3 ,51	3 ,31	2 ,98	2 ,66	2 ,55

	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
	64°,77	64°,63	64°,89	64°,77	64°,64
	62 ,38	62 ,34	62 ,74	62 ,79	62 ,76
Abaissement.	2 ,39	2 ,29	2 ,15	1 ,98	1 ,88

La dissolution du dixième équivalent de ce sel ne produit par conséquent que la moitié du refroidissement due au premier équivalent.

La dissolution du chloride de potassium dans l'eau est accompagnée d'un abaissement de température considérable, quoique moindre que celui du nitrate de potasse.

1 équivalent de chloride de potassium (46,62 grains), dissous dans 100 grammes d'eau, donne :

Avant la dissolution.......	62°,05	61°,80	61°,70
Après la dissolution......	59 ,10	58 ,88	58 ,75
Abaissem. de température.	2 ,95	2 ,92	2 ,95
		Moyenne... 2°,94	

à une température inférieure :

Avant la dissolution.......	45°,55	45°,04	45°,53
Après la dissolution.......	42 ,55	42 ,02	42 ,50
Abaissement de température.	3 ,00	3 ,02	3 ,03

II. — *Neutralisation de l'hydrate de potasse par l'acide sulfurique.*

On satura un demi-équivalent d'acide sulfurique (12,53 grains) avec un léger excès d'hydrate de potasse, les deux liquides unis contenant 100 grammes d'eau comme dans les expériences précédentes, faites avec l'acide nitrique et l'acide chlorhydrique :

Avant le mélange.......	61°,31	61°,45	61°,53
Après le melange.......	67 ,01	67 ,13	67 ,21
Élévation de température.	5 ,70	5 ,68	5 ,68
		Moyenne... 5°,69	

L'élévation de température obtenue en saturant 1 équivalent entier d'hydrate de potasse avec de l'acide sulfurique, serait par conséquent de 11°,38.

La saturation du sulfate d'eau, déjà en combinaison avec le sulfate de potasse dans le bisulfate de cette base, est accompagnée du dégagement d'une quantité encore plus grande de chaleur. Un demi-équivalent de bisulfate de potasse fondu, dissous dans l'eau comme l'acide des premières expériences, fut neutralisé par la potasse dans les conditions ordinaires :

Avant le mélange.......	62°,74	62°,92	63°,05
Après le mélange........	68 ,95	69 ,12	69 ,22
Élévation de température.	6 ,21	6 ,20	6 ,17
		Moyenne... 6°,17	

La saturation de l'équivalent entier de sulfate d'eau dans

une dissolution de bisulfate de potasse, produit par conséquent le dégagement de 12°,38; le sulfate d'eau libre, seulement 11°,38: l'excès dans le premier cas est donc de 1 degré.

En saturant 2 équivalents d'acide sulfurique, la chaleur qui se dégage est deux fois 11°,38 ou 22°,76; mais comme 12°,38 se dégagent en saturant le second équivalent d'acide sulfurique, il s'ensuit qu'il n'y a de dégagé, pour saturer le premier équivalent d'acide, que 10°,38. Par conséquent nous avons :

Chaleur dégagée dans la formation du bisulfate de potasse...	10°,38
Chaleur dégagée en saturant l'acide de ce sel..............	12 ,38
	22 ,76

On a également observé que le refroidissement, en faisant dissoudre 1 équivalent de sulfate de potasse (54,55 grains) dans 100 grammes d'eau, était :

Avant la dissolution......	66°,69	66°,01	66°,27
Après la dissolution.......	64 ,38	63 ,75	63 ,96
Abaissement de la températ.	2 ,31	2 ,26	2 ,31
	Moyenne...	2°,29	

En mêlant des dissolutions de sulfate de potasse et de sulfate d'eau (acide sulfurique étendu) pour former du bisulfate de potasse, il se produit du refroidissement comme on l'avait déjà observé, et par cette cause, le sulfate de potasse, dissous dans de l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique, produit plus de froid que dans de l'eau pure, environ un tiers en plus. Cet excès de chaleur absorbée me paraîtrait devoir se lier avec la combinaison du sulfate d'eau avec le sulfate de potasse et la formation d'un sel double. Mais il est à remarquer que le sulfate de magnésie, qui ne peut certainement pas se combiner avec les acides hydratés, comme le fait le sulfate de potasse, produit également un plus grand refroidissement en se dissolvant dans de l'eau acidulée que dans de l'eau pure.

Ainsi, 1 équivalent de sulfate de magnésie cristallisé, qui se dissout dans 1 000 grains d'eau avec un abaissement de température de 0°,88 Réaumur (*Mémoires de Chimie*, tome I, page 3), s'est dissous dans la même quantité d'eau contenant déjà 1 équivalent d'acide sulfurique, avec un abaissement de 1°,12, 1°,17, 1°,18 Réaumur dans trois expériences; donc la moyenne est de 1°,16, ce qui est 0°,28 de plus que dans de l'eau pure. Un second équivalent de sulfate de magnésie cristallisé, dissous dans la même liqueur, produisit un abaissement dans trois expériences, de 0°,96, 0°,92, 0°,95 Réaumur; donc la moyenne est de 0°,94, ou seulement 0°,06 de plus que dans l'eau pure.

Dans 1 équivalent d'acide nitrique ou chlorhydrique, l'abaissement de la dissolution de 1 équivalent de sulfate de magnésie cristallisé est à peu près le double de ce qu'il est dans l'eau pure.

L'abaissement de température dans de l'eau contenant 1 équivalent d'acide nitrique est de 0°,70, 0°,68, 1°,64; donc la moyenne est de 1°,67.

L'abaissement dans de l'eau contenant 1 équivalent d'acide chlorhydrique est de 1°,70, 1°,70, 1°,68; moyenne, 1°,69 Réaumur.

L'abaissement produit par la dissolution de 1 équivalent de sulfate de magnésie, dans un demi-équivalent d'acide chlorhydrique, est de 1°,37, 1°,37, 1°,38; moyenne, 1°,37 Réaumur. Par conséquent, l'excès de froid produit par le demi-équivalent de cet acide sur l'eau seule est de 0°,50, et l'excès par l'équivalent entier d'acide, de 0°,82; ainsi, plus de la moitié de l'effet est produit par le premier demi-équivalent d'acide.

Un excès au-dessus de 1 équivalent d'acide pour 1 équivalent d'un sel de cette classe accroît encore plus la dépression de la température, mais pourtant dans un degré moindre que la proportion directe de sa quantité. Ainsi, le refroidissement par la dissolution de 1 équivalent de sul-

fate de zinc dans de l'eau étant 1°,02 Réaumur, elle est :

Dans un demi-équivalent d'acide sulfurique :

1°,22, 1°,19, 1°,25

Moyenne... 1°,22

Dans 1 équivalent d'acide nitrique :

1°,56, 1°,55, 1°,54

Moyenne... 1°,55

Dans un demi-équivalent d'acide chlorhydrique :

1°,50, 1°,50, 1°,47

Moyenne... 1°,49

Dans 1 équivalent d'acide chlorhydrique :

1°,82, 1°,83, 1°,86

Moyenne... 1°,83

Dans 2 équivalents d'acide chlorhydrique :

2°,26, 2°,26, 2°,24

Moyenne... 2°,25

La dissolution de 1 équivalent de sulfate de fer cristallisé fut accompagnée d'un abaissement de température :

Dans l'eau, de 1°,06 Réaumur.

Dans 1 équivalent d'acide sulfurique :

1°,28, 1°,20, 1°,26, 1°,25

Moyenne... 1°,25

Dans 1 équivalent d'acide chlorhydrique :

1°,69, 1°,68, 1°,73

Moyenne... 1°,70

La dissolution de 1 équivalent de sulfate de cuivre cristallisé fut accompagnée d'un abaissement de température :

Dans l'eau, de 0°,63 Réaumur.

Dans 1 équivalent d'acide sulfurique :

0°,94, 0°,96, 1°,02

Moyenne .. 0°,97

Le mélange de 1 équivalent de sulfate d'eau (30,68 grains) dans 300 grains d'eau, avec un autre dans 700

grains d'eau, amena une élévation de 0°,09 Réaumur. Avec 700 grains d'eau contenant 1 équivalent d'acide chlorhydrique, l'élévation fut de 0°,16; et avec 700 grains d'eau contenant 1 équivalent d'acide nitrique, de 0 degré.

Le sulfate de magnésie est généralement semblable au sulfate d'eau, en ce qu'il produit de la chaleur et non du refroidissement en étendant de fortes dissolutions. Les dissolutions des trois sels suivants furent saturées à froid :

Sulfate de zinc (densité 1,395) avec poids égal d'eau, + 0°,60.
Sulfate de magnésie (densité 1,294) avec poids égal d'eau, + 0°,60
Protosulfate de fer (densité 1,227) avec poids égal d'eau, + 0°,04.

Les expériences sur la dissolution des sels dans les acides laissent dans le doute si la dépression additionnelle de température est due dans tous les cas et entièrement à une combinaison du sel avec l'acide, comme on peut le supposer lorsque le sulfate de potasse est dissous dans de l'acide sulfurique étendu, le bisulfate de potasse se trouvant alors formé, ou bien si c'est une conséquence d'une décomposition partielle du sel par l'acide libre, à l'action duquel il est exposé.

La petite portion d'acide, généralement un seul équivalent, qui produit le plus grand effet proportionnel, semble indiquer que la combinaison ou la décomposition en est la cause, plutôt que quelque altération dans la puissance dissolvante du liquide. L'action de l'acide chlorhydrique et de l'acide nitrique est souvent la même, et est plus grande que celle de l'acide sulfurique. Cela se voit même dans la dissolution du chloride de magnésie, soit dans l'eau, soit dans ces acides.

Ainsi 42,29 grains, 1 équivalent de chloride de zinc fondu anhydre, furent dissous dans 1 000 grains d'eau avec une élévation, dans deux expériences, de 3°,42, 3°,45 Réaumur, dont la moyenne est 3°,44 Réaumur. Dans 1 000 grains d'eau contenant 1 équivalent d'acide sulfurique, il y eut une élévation de 3°,43, 3°,42, 3°,42 Réaumur dans

trois expériences, ce qui est à peu près le même résultat qu'avec de l'eau pure. Dans la même quantité d'eau contenant 1 équivalent d'acide chlorhydrique, l'élévation fut de 2°,86, 2°,88, 2°,86; moyenne, 2°,87 Réaumur, ce qui fait 0°,57 de moins de chaleur que dans l'eau pure. La présence de l'acide chlorhydrique a par conséquent occasionné un abaissement de 0°,57 dans la dissolution de chloride de zinc, tandis que l'action de l'acide sulfurique est insensible.

Un chloride alcalin fut peu altéré par la présence de 1 équivalent de ces acides dans l'eau dans laquelle on l'avait fait dissoudre. Ainsi, le chloride de sodium fut dissous avec un abaissement :

Dans 1 000 gr. d'eau	de 0°,57, 0°,60	Moy.	0°,59 R.
+ HCl,	de 0°,60, 0°,60, 0°,60	......	0°,60 R.
+ NO_5,	de 0°,50, 0°,50, 0°,52	......	0°,51 R.
+ SO_3,	de 0°,50, 0°,50, 0°,43	......	0°,48 R.

Pour obtenir quelque éclaircissement sur cette influence des acides sur les phénomènes thermiques de la solution des sels, je fis dissoudre du sulfate d'ammoniaque sans aucune eau de cristallisation (1 équivalent ou 41,41 grains) dans 1 000 grains d'eau; l'abaissement fut de 0°,51 Réaumur. Dans de l'eau contenant $\frac{1}{2}$ HCl, l'abaissement fut de 1°,12, 1°,10 et 1°,12 Réaumur; moyenne, 1°,11. Dans de l'eau contenant HCl, abaissement, 1°,30, 1°,22, 1°,28; moyenne, 1°,27 Réaumur. Dans de l'eau contenant NO_5, abaissement, 1°,28, 1°,30, 1°,30; moyenne, 1°,29 Réaumur. Dans de l'eau contenant SO_3, abaissement, 0°,92, 0°,92, 0°,90; moyenne, 0°,92 Réaumur. L'addition dans la dernière dissolution d'un second équivalent d'acide sulfurique très-étendu produisit dans trois expériences un changement de température de 0°,02, 0°,00, 0°,00. L'addition d'un second équivalent de sulfate d'ammoniaque aux dissolutions précédentes de bisulfate d'ammoniaque produisit un abaissement de 0°,58, 0°,55, 0°,60; moyenne,

o°,58, c'est-à-dire très-peu de plus que l'eau pure (o°,51). Dans 1 544 grains d'eau contenant 1 équivalent d'acide acétique (32,15); abaissement, o°,84, o°,78, o°,81 Fahrenheit; moyenne, o°,81 Fahrenheit, l'expérience étant faite à 67 degrés Fahrenheit. Dans 1 équivalent d'acide oxalique (22,64 grains), abaissement, 1°,20, 1°,21 et 1°,22 Fahrenheit, l'expérience étant faite à 65 degrés Fahrenheit. Pour rendre ces deux dernières expériences comparables aux premières, il faut les réduire dans la proportion de 19 à 13, ce qui ramène l'effet de l'acide acétique à o°,55 Réaumur, et celui de l'acide oxalique à o°,83 Réaumur, de sorte que l'on voit que l'influence de l'acide acétique est presque nulle, et que celle de l'acide oxalique est bien moindre que celle des acides minéraux.

Ayant fait dissoudre 1 équivalent de nitrate de potasse dans 1 000 grains d'eau à 63 degrés Fahrenheit, l'abaissement fut de 3°,76, 3°,72 et 3°,80 Réaumur; moyenne, 3°,76. On le fit dissoudre ensuite dans la même quantité d'eau contenant 1 équivalent d'acide nitrique à 67 degrés Fahrenheit, l'abaissement fut de 3°,64, 3°,54, 3°,64 Réaumur; moyenne, 3°,57; puis dans la même quantité d'eau contenant 1 équivalent d'acide sulfurique à 58 degrés Fahrenheit, et l'abaissement fut de 3°,53, 3°,50, 3°,50 Réaumur, dont la moyenne est 3°,51.

Le mélange simple de dissolutions de sels neutres qui se combinent ensemble et forment un double sel n'est pas accompagné de semblables changements de température. Je n'aperçus aucun changement sensible de température en mélangeant des dissolutions étendues de sulfate de magnésie et de potasse, et l'un de ces sels fut dissous dans une dissolution de l'autre avec le même abaissement de température que dans de l'eau pure. Quoique je regarde comme certain que ces sels se combinent immédiatement en se mêlant, je n'ai pu découvrir aucune circonstance qui décidât ce fait. La densité de ces sels ainsi mélangés ne fut pas altérée en

les faisant bouillir seuls ou avec du platine en éponge, et elle était exactement la même que celle du liquide qui se trouve formé par la dissolution dans de l'eau d'une quantité correspondante du sulfate double cristallisé. L'addition de 1 équivalent d'acide sulfurique, déjà très-étendu, dans chacune des dissolutions, produisit exactement le même abaissement de température. D'un autre côté, cet abaissement de température fut presque complétement le même que celui qu'on obtient en divisant l'acide en deux portions égales, et en mêlant séparément une dissolution de chacun des sels constituants avec chacune de ces portions. La dissolution d'un sel double paraît donc être, autant qu'il est possible, équivalente à celle des sels qui le constituent. Ceux-ci étant dissous à part, je n'observai même aucun changement certain de température dans la formation de l'alun; un quart d'équivalent de sulfate de potasse (13,63 grains), dissous dans 1 000 grains d'eau, amena un abaissement de 0°,32 Réaumur, tandis que dissous dans 1 000 grains d'eau, contenant un quart de $Al_2O_3 + 3SO_3$, l'abaissement fut de 0°,35, 0°,32, 0°,35 Réaumur, dont la moyenne est 0°,34, les expériences étant faites à 57 degrés Fahrenheit.

Mais ces doubles sulfates étant tous moins solubles que leurs sulfates constituants, il fallait renouveler l'expérience sur la formation d'un sel double, plus soluble que ses sels constituants, tel que le double chloride de mercure et d'ammonium. Un demi équivalent de chloride de mercure (42,70 grains), dissous dans 1 544 grains d'eau à 64 degrés Fahrenheit, produisit un abaissement de 0°,29, 0°,30, 0°,30 Fahrenheit, dont la moyenne est de 0°,30 Fahrenheit. La même quantité de chloride de mercure dissous dans 1 544 grains d'eau, contenant un demi-équivalent (16,74 grains) de chloride d'ammonium à 63 degrés Fahrenheit, produisit un abaissement de 0°,13, 0°,12, 0°,12 Fahrenheit; moyenne, 0°,12 Fahrenheit. En doublant ces

résultats, nous trouvons comme abaissement de 1 équivalent entier de chloride de mercure dans de l'eau, 0°,60, et du chloride de mercure dans du chloride d'ammoniaque, 0°,24; cette différence de 0°,36 est due à la chaleur dégagée dans la formation du sel double. Le dernier cependant, ou sel alembroth, prend 1 atome d'eau de cristallisation dans sa formation, ce qui peut peut-être occasionner quelque changement de température.

1 équivalent de chloride de mercure, dissous dans un demi-équivalent de chloride d'ammonium à 63 degrés, produisit un abaissement de 0°,45, 0°,45, 0°,47 Fahrenheit, dont la moyenne est de 0°,46 Fahrenheit. Ce dégagement de chaleur dans la formation de ce second sel double est par conséquent de 0°,60 — 0°,46 = 8°,14 Fahrenheit. On peut douter ici si cette chaleur doit être attribuée à l'hydratation; car le sel double qui en résulte a été cristallisé à la température ordinaire par le docteur Kane, étant anhydre ou avec 1 atome d'eau. Le chloride de mercure, étant dissous en beaucoup plus grande quantité par une dissolution de sel ammoniac que dans l'eau pure, offre une preuve de la formation immédiate d'un sel double par la dissolution des constituants réunis, ce qu'on ne pourrait pas obtenir dans les sulfates doubles de magnésie ou d'alumine.

On peut ranger ici, avec les expériences sur l'acide sulfurique, les résultats d'expériences sur la dissolution dans l'eau de deux sulfates doubles, spécialement du sulfate de zinc et de soude et des sulfates doubles de magnésie; car dans mon premier Mémoire, je n'ai rapporté aucune expérience de ce genre sur les sels doubles de la soude. Le sulfate de zinc et de soude préparée par M. Arrolt était en beaux cristaux contenant 4 atomes d'eau dont la composition est exprimée par la formule

$$ZnO, SO_3 + NaO, SO_3 + 4HO.$$

Un demi-équivalent (58,61 grains) de ce sel, contenant

11,25 grains d'eau de cristallisation, fut dissous dans 988,8 grains d'eau à 62 degrés Fahrenheit; l'abaissement dans trois expériences fut de 0°,02, 0°,04, 0°,2 Réaumur; moyenne, 0°,03 Réaumur. On fit dissoudre un demi-équivalent ou 47,41 grains de ce même sel rendu anhydre par la chaleur et fondu dans 1 000 grains d'eau à 62 degrés Fahrenheit avec une élévation de 1°,86, 1°,87, 1°,84; moyenne, 1°,86 Réaumur. En doublant les résultats des expériences dans les deux cas, de manière à avoir 1 équivalent entier, on trouve :

Refroidissement par la dissolution de

$$ZnO, SO_3 + NaO, SO_3 + 4HO \ldots \quad 0°,06 \text{ R.}$$

Chaleur par la dissolution de

$$ZnO, SO_3 + NaO, SO_3 \ldots \quad 3°,72 \text{ R.}$$

Comme les deux sulfates, dans tous les sulfates doubles de cette classe qui contiennent du sulfate de soude, se cristallisent séparément lorsque le sel est dissous dans de l'eau à 62 degrés, le sel double, dans ces expériences, est probablement décomposé, et les circonstances relatives à sa dissolution peuvent être par conséquent très-différentes de celles d'un double sulfate de magnésie contenant du sulfate de potasse.

Le sulfate de manganèse et de soude, que je dois également à M. Arrolt, était en beaux cristaux contenant 2 atomes d'eau; la formule de ce sel était

$$MnO, SO_3 + NaO, SO + 2HO.$$

On fit dissoudre 1 équivalent du sel cristallisé (103,2 grains), contenant 11,25 grains d'eau de cristallisation, dans 988,8 grains d'eau; l'élévation de température fut de 0°,77, 0°,70 et 7°,70; moyenne, 0°,72 Réaumur.

Je fis dissoudre 1 équivalent (91,95 grains) du même sel fondu, par la chaleur et anhydre, dans 1 000 grains d'eau; l'élévation dans deux expériences fut de 3°,02 et

2°,99; moyenne, 3 degrés Réaumur. Par conséquent, les résultats pour ce sel double sont :

Chaleur par la dissolution de $MnO,SO_3 + 2HO$... 0°,72 R.
Chaleur par la dissolution de MnO,SO_3.......... 3°,00

III. — *Neutralisation du bichromate de potasse par l'hydrate de potasse.*

On amena exactement à la même température et on mélangea un demi-équivalent de bichromate de potasse (47,34 grains) et un peu plus d'un demi-équivalent d'hydrate de potasse, contenus séparément dans différentes portions de la quantité ordinaire d'eau (1 544 grains ou 100 grammes), et l'on obtint :

Avant le mélange......	63°,23	63°,50
Après le mélange......	67 ,71	67 ,97
Élévation de températ..	4 ,48	4 ,47

En doublant 4°,48, résultat moyen, on a 8°,96 Fahrenheit comme chaleur dégagée, en neutralisant le second équivalent d'acide chromique du bichromate de potasse.

Je fis dissoudre 1 équivalent (62,08 grains) de ce chromate jaune de potasse neutre, produit de cette neutralisation, dans 1 544 grains d'eau à 65 degrés Fahrenheit; l'abaissement fut de 1°,82, 1°,81 et 1°,87; moyenne, 1°,83.

IV. — *Neutralisation de l'acide acétique par l'hydrate de potasse.*

On neutralisa par la potasse en très-léger excès, comme dans les autres expériences, un demi-équivalent d'acide acétique (16,08 grains), et l'on eut :

Avant le mélange.......	63°,52	63°,81	63°,94
Après le mélange.......	68 ,68	68 ,98	69 ,12
Élévation de température.	5 ,16	5 ,17	5 ,18

En doublant la moyenne de ces résultats, qui est 5°,17, on a 10°,34 Fahrenheit, comme étant la chaleur dégagée par la saturation de l'acide acétique par l'hydrate de potasse.

Je fis dissoudre 1 équivalent (61,65 grains) d'acétate de potasse, fondu sans être devenu noir, dans 1 544 grains d'eau à 65 degrés Fahrenheit; l'élévation de température fut de 2°,45, 2°,47, 2°,44; moyenne, 2°,45 Fahrenheit.

V. — *Neutralisation de l'acide oxalique par l'hydrate de potasse.*

Un demi-équivalent d'acide oxalique, neutralisé par la potasse avec les circonstances ordinaires, donna :

Avant le mélange.......	64°,60	64°,66	64°,69
Après le mélange.......	69 ,84	69 ,89	69 ,95
Élévation de température.	5 ,24	5 ,23	5 ,26

En doublant 5°,24, qui est le résultat moyen, on a 10°,48 Fahrenheit comme étant la chaleur dégagée par la saturation de 1 équivalent entier d'acide oxalique par l'hydrate de potasse.

1 équivalent d'acide oxalique cristallisé (39,50 grains), contenant 12,5 grains d'eau de cristallisation dissous dans 1 533 grains d'eau à 67 degrés Fahrenheit, produisit un abaissement de 3°,04, 3°,06, 3°,04 ; moyenne, 3°,05.

1 équivalent d'oxalate d'eau privé de son eau de cristallisation (28,26 grains), dissous dans 1 544 grains d'eau à 67 degrés Fahrenheit, donna un abaissement de 0°,99, 0°,99, 1°,01 ; moyenne, 1 degré. La différence d'abaissement qui a lieu entre les dissolutions d'oxalate hydraté et anhydre provient de l'hydratation du dernier dans la dissolution. La chaleur qui se dégage lorsque l'oxalate d'eau se combine avec les 2 atomes d'eau constitutionnels est, par conséquent, de 3°,05 — 1°,00 = 2°,05 Fahrenheit.

L'oxalate de potasse neutre se cristallise avec un seul atome d'eau, qui a besoin, pour être expulsé, d'une chaleur de 212 degrés. La dissolution de 1 équivalent du sel cristallisé 57,76 grains contenant 6,25 grains d'eau, dans 1 538 grains d'eau à 67 degrés Fahrenheit, amena un abais-

sement de 2°,65, 2°,66 et 2°,67; moyenne, 2°,66 Fahrenheit.

On fit dissoudre un demi-équivalent (25,75 grains) de ce même sel, rendu anhydre par la chaleur, dans 1 544 grains d'eau; l'abaissement fut de 0°,76, 0°,71, 0°,74; moyenne, 0°,74. 1 équivalent entier de ce sel aurait, par conséquent, amené un abaissement de 1°,58, ce qui est 1°,08 de moins que l'abaissement du sel hydraté. La dernière quantité représente la chaleur de combinaison de l'oxalate de potasse avec 1 atome d'eau de cristallisation; elle approche à peu près de la moitié de la chaleur dégagée par l'oxalate d'eau, en se combinant avec 2 atomes d'eau, la moitié de 2°,05 étant de 1°,025; la différence est due à une erreur d'observation.

Lorsque de l'oxalate de potasse hydraté est dissous dans de l'eau contenant de l'acide oxalique, le changement de température est à peu près le même que dans l'eau pure, quoique, dans le premier cas, il se forme un suroxalate. Un quart d'équivalent d'oxalate de potasse (14,4 grains) ayant été dissous dans 1 544 grains d'eau contenant en dissolution un quart d'équivalent d'acide oxalique hydraté à 67 degrés Fahrenheit, l'abaissement fut de 0°,70, 0°,68, 0°,68; moyenne, 0°,68 Fahrenheit. Par conséquent, l'on pouvait dissoudre 1 équivalent entier de sel dans un 1 équivalent entier d'acide contenu dans la quantité d'eau que nous nous sommes fixée; l'abaissement serait quatre fois plus considérable, ou de 2°,72 Fahrenheit, ce qui est à peu près semblable au refroidissement qui a lieu par la dissolution de l'oxalate de potasse cristallisé dans l'eau qui est de 2°,66; par conséquent, on observe peu ou point de chaleur pour la formation d'un sel double, car on doit considérer comme tel le bioxalate de potasse.

Bioxalate de potasse, $KO, C_2O_3 + HO, C_2O_3, 2HO$. — De même que dans le bisulfate de potasse, la saturation

de l'excès d'acide dans ce sel cause le dégagement de plus de chaleur que la saturation de la même quantité d'acide libre. On neutralisa par l'hydrate de potasse à 67 degrés un quart d'équivalent de bioxalate cristallisé (29,91 grains), et l'on obtint :

Avant le mélange........	66°,80	66°,85	66°,96
Après le mélange........	69 ,91	69 ,96	70 ,04
Élévation de température.	3 ,11	3 ,11	3 ,08
		Moyenne...	3°,10

La quantité moyenne, multipliée par 4, donne 12°,40 Fahrenheit, comme étant la chaleur dégagée en neutralisant par la potasse le second équivalent d'acide oxalique dans le bioxalate de potasse ; ensuite, en distribuant la chaleur provenant de la saturation de 2 équivalents d'acide oxalique, 20°,68 (=10°,34×2), comme nous l'avons fait pour l'acide sulfurique, nous avons :

Chaleur dégagée dans la formation du bioxalate de potasse....	8°,28
Chaleur dégagée en saturant l'acide de bioxalate de potasse...	12 ,40
	20 ,68

Un quart d'équivalent de bioxalate de potasse (22,91 grains), contenant 6,25 grains d'eau de cristallisation dissous dans 1 538 grains d'eau à 64 degrés Fahrenheit, amena un abaissement de 1°,65, 1°,66, 1°,65 ; moyenne, 1°,65 Fahrenheit. Le résultat moyen, multiplié par 4, donne 6°,60 Fahrenheit, comme abaissement causé par la dissolution de 1 équivalent entier de bioxalate de potasse dans l'eau. Ce résultat dépasse de 0°,89 l'abaissement qui a lieu en dissolvant séparément les sels constituants, 2°,66 +3°,05 étant égal à 5°,71 seulement.

Quadroxalate de potasse, $KO, C_2O_3 + HO, C_2O_3 + 2(HO, C_2O_3 + 2HO)$. — Les quatre sixièmes de 1 équivalent d'acide oxalique hydraté (26,22 grains), mêlés avec un sixième d'équivalent de potasse, de manière à former exactement ce sel, donnèrent :

Avant le mélange.......	64°,25	64°,23	64°,25
Après le mélange.......	66 ,01	66 ,01	65 ,99
Élévation de température.	1 ,76	1 ,78	1 ,74

Le résultat moyen, multiplié par 6, donne 10°,56, comme étant la chaleur dégagée dans la formation du quadroxalate de potasse, qui consiste dans la saturation de 1 équivalent de potasse par 1 d'acide oxalique, et dans la combinaison de cet oxalate de potasse avec 3 équivalents d'oxalate d'eau. Cette élévation de température est à peu près semblable à celle qui a lieu dans la formation de l'oxalate de potasse neutre, c'est-à-dire 10°,48.

Afin d'observer la chaleur qui se dégage en neutralisant le quadroxalate de potasse par l'hydrate de potasse, on mélangea un sixième d'équivalent de ce sel acide en dissolution, avec trois sixièmes d'équivalent ou un peu plus d'alcali, de manière à former un oxalate neutre, et l'on eut :

Avant le mélange......	64°,19	64°,20	64°,51
Après le mélange......	69 ,38	69 ,42	69 ,71
Élévation de températ.	5 ,19	5 ,22	5 ,20

En doublant 5°,20, qui est le résultat moyen, nous avons 10°,40 Fahrenheit, comme étant la chaleur dégagée en saturant 1 équivalent de potasse par chacun des 3 atomes d'oxalate d'eau du quadroxalate de potasse.

0,192 équivalent (30,70 grains) de quadroxalate de potasse, dissous dans 1 440 grains d'eau à 63 degrés, amenèrent un abaissement de 2°,02, 2°,13, 2°,14; moyenne, 2°,10 Fahrenheit. Ainsi l'abaissement serait de 10°,93 pour la dissolution de 1 équivalent entier de quadroxalate de potasse, ce qui est 0°,88 de moins que l'abaissement donné par ses sels constituants dissous séparément; 2°,66 avec trois fois 3°,85, donnant un total de 11°,81.

Les divers oxalates dont nous venons de parler paraissent absorber, en se dissolvant, des quantités de chaleur qui ont une relation simple entre elles. Ainsi, en divisant les divers abaissements de température par 0°,88,

nombre qui s'est présenté plus d'une fois dans le courant de ces expériences, on obtient la série de rapports donnés dans la seconde colonne, et qui, multipliés par 2 dans la troisième colonne, se rapproche des nombres ronds :

	I.	II.	III.	
	Froid en dissol.	Résultats	Résultats.	
Oxalate de potasse........ ...	2°,66	3,02	6,04	6
Acide oxalique..........	3 ,05	3,05	6,94	7
Binoxolate de potasse........	6 ,60	7,50	15,00	15
Quadroxalate de potasse......	10 ,93	12,42	24,84	25

VI. — *Neutralisation du bicarbonate de potasse avec l'hydrate de potasse.*

On neutralisa un demi-équivalent du sel cristallisé (31,38 grains) dissous dans de l'eau, avec de l'hydrate de potasse.

Avant le mélange........	67°,28	67°,93	67°,68
Après le mélange........	70 ,66	71 ,24	71 ,03
Élévation de température.	3 ,38	3 ,31	3 ,35

En doublant 3°,35, résultat moyen, on a 6°,70, comme chaleur dégagée en saturant la seconde proportion d'acide carbonique dans le bicarbonate de potasse.

1 équivalent (67,76 grains) de bicarbonate cristallisé, dissous dans 100 grammes d'eau à 67 degrés, donna une élévation de 2°,48, 2°,43 et 2°,47; moyenne, 2°,46. La chaleur qui se dégage en faisant dissoudre l'acétate de potasse anhydre est à peu près la même, puisqu'elle est de 2°,45.

VII. — *Neutralisation de l'acide arsénique et de l'acide phosphorique par l'hydrate de potasse.*

On mêla un demi-équivalent d'acide arsénique (36,00 grains) en dissolution, comme d'ordinaire, avec exactement un demi-équivalent d'hydrate de potasse, de manière à former du biarséniate de potasse ($2HO$, KO, AsO_5).

Avant le mélange..	63°,04	63°,19	63°,29
Après le mélange.......	68 ,04	68 ,30	68 ,38
Élévation de température.	5 ,10	5 ,11	5 ,9

En doublant 5°,10, qui est le résultat moyen, on a 10°,20 Fahrenheit, comme chaleur dégagée par la neutralisation de 1 équivalent de potasse dans la formation du biarséniate de potasse.

Un quart d'équivalent d'acide arsénique (18 grains) fut mêlé avec exactement un demi-équivalent de potasse, de manière à former de l'arséniate de potasse (HO, 2KO, AsO_5), et l'on eut comme résultat :

Avant le mélange.......	63°,27	63°,33	63°,42
Après le mélange.......	67 ,87	67 ,94	68 ,05
Élévation de température.	4 ,60	4 ,61	4 ,63
	Moyenne... 4°,61		

Deux fois 4°,61 ou 9°,22 Fahrenheit est, par conséquent, la chaleur qui se dégage en neutralisant 1 équivalent d'hydrate de potasse dans la formation de l'arséniate de potasse neutre.

On forma le même sel en mêlant une dissolution d'un demi-équivalent de biarséniate de potasse (56,37 grains) et exactement un demi-équivalent de potasse; on obtint :

Avant le mélange.......	64°,28	64°,27	64°,20
Après le mélange.......	68 ,31	68 ,33	68 ,26
Élévation de température.	4 ,03	4 ,06	4 ,06

En prenant 4°,05 comme moyenne, et en doublant, on voit qu'on a 8°,10 Fahrenheit, comme chaleur dégagée en neutralisant 1 équivalent de potasse avec l'acide dans le biarséniate de potasse.

En formant du subarséniate de potasse (3KO, AsO_5) par le mélange d'une solution de un sixième d'équivalent d'acide arsenical et d'un demi-équivalent de potasse, on a :

Avant le mélange........	63°,41	63°,50	63°,50
Après le mélange........	67 ,40	67 ,52	67 ,49
Élévation de température.	4 ,09	4 ,02	3 ,99

En doublant la moyenne 4°,03, on trouve que 8°,06 Fahrenheit est la chaleur dégagée dans la formation d'un

tiers d'équivalent de subarséniate de potasse, ou dans la neutralisation séparée de 3 équivalents de potasse par un seul équivalent d'acide arsénique.

Par conséquent l'addition successive de 3 équivalents de potasse pour 1 d'acide arsénique produit le dégagement de chaleur suivant :

Par le premier KO...	10°,20	formation de biarséniate de potasse,
Par le second KO....	8 ,10	formation d'arséniate de potasse,
Par le troisième KO..	5 ,88	formation de subarséniate de potasse.
	24 ,18 = 8,06 × 3.	

Ayant mêlé un demi-équivalent d'acide phosphorique hydraté, qu'on avait fait bouillir longtemps dans de l'eau pour le rendre complétement tribasique, avec un demi-équivalent de potasse pour former du biphosphate de potasse ($2HO$, KO, PO_5), on eut :

Avant le mélange.......	64°,00	64°,00	64°,03
Après le mélange........	69 ,01	68 ,99	69 ,02
Élévation de température.	5 ,01	4 ,99	4 ,99

En prenant 5 degrés comme moyenne, on a 10 degrés Fahrenheit, comme chaleur dégagée par la saturation de 1 équivalent de potasse, et par 1 équivalent d'acide phosphorique dans la formation de biphosphate de potasse contenant $KO+2HO$ comme bases.

En mêlant un quart d'équivalent d'acide phosphorique avec un demi-équivalent de potasse, il se forma du phosphate de potasse (HO, $2KO$, PO_5); on eut :

Avant le mélange......	64°,00	63°,61	63°,63
Après le mélange.......	68 ,49	68 ,08	68 ,18
Élévation de températ...	4 ,49	4 ,47	4 ,55

En doublant la moyenne, qui est de 4°,50, on a 9 degrés Fahrenheit, comme chaleur qui se dégage en formant un demi-équivalent de phosphate de potasse neutre, ou en saturant chacun des 2 équivalents de potasse par 1 équivalent d'acide phosphorique dans la formation du phosphate de potasse.

On forma le même phosphate de potasse en mêlant des solutions d'un demi-équivalent du biphosphate de chaux et d'un demi-équivalent de potasse; on eut :

Avant le mélange.........	64°,06	64°,14	64°,15
Après le mélange.........	68 ,09	68 ,15	68 ,16
Élévation de température..	4 ,03	4 ,01	4 ,01

En doublant 4°,02, qui est le résultat moyen, on a 8°,04 Fahrenheit, comme chaleur dégagée par la saturation de 1 équivalent de potasse par l'acide du biphosphate de potasse.

Pour former du sous-phosphate de potasse ($3KO, PO_5$), on mélangea un sixième d'équivalent d'acide phosphorique (7,43 grains) avec un demi-équivalent de potasse; on eut :

Avant le mélange........	63°,61	63°,67	63°,69
Après le mélange........	67 ,87	67 ,93	67 ,99
Élévation de température..	4 ,26	4 ,26	4 ,30

En doublant le résultat moyen, 4°,27, on trouve que 8°,54 Fahrenheit est la chaleur dégagée par la neutralisation de 3 équivalents de potasse par un seul équivalent d'acide phosphorique.

Par conséquent, on peut distribuer ainsi la chaleur qui se dégage dans la saturation graduelle de l'acide phosphorique par 3 équivalents de potasse :

Par le premier équivalent de potasse.....	10°,00
Par le deuxième équivalent de potasse....	8 ,08
Par le troisième équivalent de potasse....	7 ,54
	25 ,62 = 8°,54 × 3

OBSERVATIONS SUR UNE LETTRE DE M. MATTEUCCI (1);

PAR M. EDMOND BECQUEREL.

J'ai publié dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XI, p. 162, et dans les *Archives de l'Électri-*

(1) Cette Lettre a été insérée dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome XII, page 122.

cité (Genève, tome IV, n° 14), un Mémoire ayant pour titre : *Des lois qui président à la décomposition électro-chimique des corps*. M. Matteucci ayant cru devoir réclamer pour lui quelques-uns des faits consignés dans ce Mémoire, je vais répondre successivement aux différentes parties de sa Lettre, pour montrer que ses observations ne sont pas fondées et que je ne mérite aucun reproche.

D'abord, en commençant, je trouve cette phrase : « Dans » la première partie du Mémoire de M. Edmond Becquerel, on lit que les recherches expérimentales de MM. Faraday et Matteucci n'ont conduit à aucune loi simple, » qu'elles étaient trop incomplètes pour pouvoir donner » des résultats sur lesquels l'électro-chimie pût compter. » Mais je ne me suis pas exprimé ainsi dans mon Mémoire. Après avoir rapporté dans les deux premières pages la loi de M. Faraday sur la décomposition électro-chimique en proportions définies, j'ai indiqué, page troisième, les recherches faites par M. Matteucci pour savoir si cette loi s'appliquait aux combinaisons en proportions multiples, et après avoir rappelé les lois qu'il a déduites de trois expériences (*Bibliothèque universelle de Genève*, tome XXI, 1839), j'ai ajouté : « les résultats ne l'ont conduit à aucune » loi simple, etc. » C'est donc, comme on le voit, aux recherches de M. Matteucci sur les combinaisons en proportions multiples que j'ai voulu faire allusion, et non à celles de M. Faraday et d'autres physiciens sur la décomposition électro-chimique en proportions définies des composés qui sont formés de la réunion de 1 équivalent d'acide avec 1 équivalent de base ; car le but de mon travail était d'analyser principalement les phénomènes produits quand on opère avec des composés en proportions multiples, et de tâcher de trouver une loi qui pût lier l'ensemble de tous les phénomènes.

Ce que je viens de dire répond aussi au troisième alinéa de la Lettre de M. Matteucci, où se trouve la phrase sui-

vante : « Quant à la décomposition électro-chimique des » sels, mes recherches ont prouvé que pour 1 équival. d'é- » lectricité il y a 1 équival. d'acide et d'oxygène au pôle + » et 1 équivalent de métal ou d'oxyde au pôle —, etc. » Je croyais que cela résultait des expériences de M. Faraday. Du reste, cette loi n'exprime nullement la décomposition des combinaisons en proportions multiples, car la réunion de 1 équivalent d'acide et de 1 équivalent de base ne reproduirait pas le sel décomposé, formé de 1 équivalent combiné avec 2 ou 3 équivalents.

Je ne m'arrêterai pas non plus à la loi de décomposition simultanée des corps mélangés. Je ne pensais pas que M. Matteucci voulût réclamer pour lui la conséquence nécessaire de la loi de M. Faraday ; je l'ai donnée comme une déduction naturelle des lois exposées précédemment.

M. Matteucci ajoute ensuite : « Je n'ai plus qu'une ob- » servation à faire au Mémoire de M. Edmond Becquerel, » qui est relative à l'usage qu'il a fait du bichlorure d'é- » tain $StCl^4$ pour ses recherches. Ce corps ne conduit pas » le courant étant anhydre, et il en faut conclure autant » du perchlorure d'antimoine $AnCl^5$; il est très-probable » qu'il en serait de même du perchlorure de fer $FeCl^5$. » Ces composés, dissous dans l'eau, ne peuvent non plus » conduire le courant, etc. » Je ne puis admettre ce principe sans preuve à l'appui : de ce qu'un corps anhydre ne conduit pas le courant, il n'en faut pas conclure qu'en solution dans un liquide il ne soit pas décomposé directement, et ce qui tend à me faire croire que les chlorures cités plus haut le sont en effet, c'est que, comme je l'ai dit dans mon Mémoire, on obtient seulement du chlore au pôle positif, pourvu que l'on modère l'action de l'électricité.

Quant à la différence qui existe entre les résultats de M. Matteucci et les miens pour le nombre exprimant la décomposition du protochlorure d'antimoine, je crois en avoir indiqué la cause dans mon Mémoire. Il pourrait se

faire, en effet, que lorsqu'on n'opère pas convenablement, le chlore ou le liquide lui-même attaque l'antimoine qui se dépose au pôle négatif. Au surplus, voici le résultat de deux expériences nouvelles faites sur du protochlorure d'antimoine, dissous dans quelques gouttes d'acide chlorhydrique, et qui confirme ce que j'avais annoncé dans mon Mémoire :

	Gaz dégagé dans le voltaïmètre.	Gaz sec ramené à 0° et $0^m,76$.	Poids de l'eau décomposée correspondante.	Antimoine déposé au pôle négatif.
	cent. cubes.	cent. cubes.	milligr.	gr.
Première exp.	43	40,00	21,48	0,106
Seconde expér.	98	91,14	48,94	0,232

Les nombres de la troisième colonne sont obtenus en multipliant ceux de la deuxième par $0^{milligr.},537$ qui est le poids de l'eau fournissant 1 cent. cube de mélange d'hydrogène et d'oxygène sec à 0 degré et $0^m,76$ de pression; or, l'équivalent de l'antimoine est 806,45; celui de l'eau, 112,5. Pour qu'il se déposât 1 équivalent d'antimoine, il faudrait qu'il y ait eu au pôle négatif, dans le premier cas, $21,48\,\frac{806,45}{112,5} = 153^{milligr.},80$, et dans le deuxième cas, $48,94\,\frac{806,45}{112,5} = 350^{milligr.},4$. Or, si l'on prend les $\frac{2}{3}$ de ces nombres, on a $0^{gr},102$ et $0^{gr},233$, qui correspondent à 0,106 et 0,232 trouvés par expérience. Ainsi il se dépose donc, comme je l'ai dit dans mon Mémoire, les $\frac{2}{3}$ de l'équivalent de l'antimoine, et non $\frac{1}{3}$, comme le suppose M. Matteucci. De plus, dans la première expérience, j'avais pris pour électrode positif un barreau d'antimoine qui a éprouvé une perte de poids de $0^{gr},102$, comme déjà cela devait être.

La pile qui fournissait l'électricité était composée de 10 éléments et donnait 10 centimètres cubes de gaz à peu près par quinze minutes dans le premier cas, et 10 ou 12 centimètres cubes par minute dans le second.

Enfin, M. Matteucci termine sa Lettre par la phrase suivante : « Il résulte donc de ces observations, que la lecture » du travail de M. Becquerel m'a prouvé avec plaisir que

» ce jeune physicien avait confirmé et généralisé les conclu-
» sions auxquelles j'étais déjà parvenu, mais en y ajoutant
» des faits nouveaux dignes d'être suivis. » J'en demande bien pardon à M. Matteucci; mais je n'ai pu confirmer ni généraliser ses conclusions, étant parvenu par mes expériences à une loi qui en diffère totalement. Pour montrer en quoi consiste cette différence, je transcrirai ici les résultats de M. Matteucci et les miens.

Bibliothèque universelle de Genève, 1839, tome XXI, page 162.

M. MATTEUCCI.

« Si un courant électrique décompose dans le même temps trois combinaisons mises séparément sur sa route, combinaisons qui renferment, la première 1 équivalent avec 1 équivalent, la deuxième 1 équival. avec 2, la troisième 1 équivalent avec 3, on trouve que son action chimique sur chacune, mesurée par la quantité de ces trois combinaisons qui a été décomposée, varie comme les nombres $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{6}$. »

Conclusions de mon Mémoire.

« Lorsqu'une combinaison binaire ou ternaire est soumise à l'action décomposante de l'électricité, et qu'elle est décomposée, la décomposition se fait toujours en proportions définies; de telle sorte que pour 1 équivalent d'électricité employé, 1 équivalent de l'élément électro-négatif, ou du moins du composé qui joue le rôle d'acide dans la combinaison, se porte au pôle positif, et la quantité correspondante de l'élément électro-positif, ou qui joue le rôle de base, se porte au pôle négatif. »

Ou bien, en l'énonçant autrement :

« 1 équivalent d'une combinaison formée par la réunion de 1 équivalent d'acide et d'une quantité correspondante de base, exige toujours 1 équivalent d'électricité pour être décomposée électro-chimiquement. »

On voit donc qu'il n'y a rien de commun entre les résultats de M. Matteucci et les miens; mais dans le cas des corps composés de 1 équivalent avec 1 équivalent, on retombe sur la loi de M. Faraday.

Après avoir répondu à M. Matteucci, je vais citer les résultats de quelques expériences que l'on doit joindre à ceux que j'ai donnés dans mon Mémoire.

J'ai montré qu'avec les acétates de plomb on n'avait que

1 équivalent de plomb au pôle négatif, tandis qu'en opérant avec les nitrites de plomb, le dépôt au pôle négatif pouvait aller à trois fois et demie le poids de 1 équivalent de plomb. J'ai repris ces expériences sur une plus grande échelle, je les ai variées, et je suis arrivé au résultat suivant. Le précipité que l'on obtient au pôle négatif dans ces nitrites, au lieu d'être du plomb métallique, est une combinaison de plomb, probablement un sous-oxyde comme je vais le dire plus loin, et quelquefois un mélange de ce sous-oxyde avec du plomb métallique. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que cette matière est grisâtre et a toute l'apparence du plomb en poudre, ce qui me l'avait fait prendre, au premier abord, pour ce métal.

En lavant rapidement cette matière dans l'eau bouillante, on ne la décompose pas; mais dans l'acide acétique, même étendu, aussitôt une partie de la masse se dissout, et l'autre, qui reste au fond du vase, est du plomb métallique, dont tous les flocons se soudent facilement les uns aux autres. J'avais pensé, d'après cela, que ce composé était un sous-nitrite très-basique, mais l'azote ne m'a paru être qu'accidentel, et je pense, comme je vais le dire plus loin, que c'est simplement un sous-oxyde.

Afin d'agir sur le nitrite le plus basique, j'ai fait usage dans mes expériences du nitrite couleur de chair $Az^2O^3, 4PbO$, que l'on obtient quand on fait bouillir pendant très-longtemps une solution aqueuse de nitrate de plomb avec des lames minces de ce métal. Comme l'eau n'en dissout que les $\frac{8}{10000}$ de son poids à la température ordinaire, et les $\frac{290}{10000}$ à 100 degrés d'après M. Peligot, j'ai dû opérer seulement sur les solutions aqueuses à 100 degrés; j'ai pris au moins dans chaque expérience un demi-litre de dissolution, et je n'ai fait usage que du précipité formé dans les premiers instants, correspondant à une décomposition dans le voltaïmètre de 20 à 30 centimètres cubes de gaz oxygène et hydrogène mélangés.

Avec des courants faibles ou énergiques j'ai toujours ob-

tenu les mêmes résultats. Dans plusieurs séries d'expériences, j'ai trouvé, en lavant le précipité formé au pôle négatif avec de l'eau acidulée par l'acide acétique :

Gaz mélangés dans le voltaïmètre.	Gaz sec.	Eau décomposée correspondante.	Plomb résultant du lavage de l'électrode négatif.	Plomb correspondant à 1 équivalent par le calcul.
cent. cubes.	cent. cubes.	milligr.	gr.	gr.
32,0	29,76	16,0	0,175	0,183
23,0	21,4	11,5	0,135	0,133
29,0	26,97	14,48	0,162	0,166
26,5	24,6	13,2	0,146	0,150

c'est-à-dire qu'il n'y a que 1 équivalent de plomb au pôle négatif; mais le poids de ce plomb provient d'un poids plus de trois fois plus considérable de précipité.

Quand on lave le précipité avec de l'eau chaude simplement, on n'observe plus les mêmes effets. Je citerai les résultats de deux expériences faites en lavant avec soin le précipité et le séchant au feu sur du papier à filtrer :

Gaz mélangés.	Gaz sec.	Eau correspondante.	Précipité au pôle négatif.	Plomb correspondant à 1 équiv.
cent. cubes.	cent cubes.	milligr.	gr.	gr.
25,0	23,25	12,44	0,515	0,143
22,5	20,9	11,22	0,465	0,129

Dans ces deux circonstances, les rapports du poids des précipités au poids de l'équivalent est $\frac{515}{143} = 3,60$ $\frac{465}{129} = 3,60$.

En préparant avec soin ce précipité et le séchant comme il vient d'être dit, j'ai reconnu qu'il perdait encore de l'eau dans le vide sec pendant un ou deux jours; de sorte que le rapport précédent 3,60 doit être abaissé au moins à 3,18.

Le composé m'a présenté la composition Pb^3O^2; ce serait donc, comme on le voit, un oxyde de plomb intermédiaire entre le sous-oxyde Pb^2O (Dulong) et le protoxyde PbO, ou peut-être une combinaison des deux, car

$Pb^2O + PbO = Pb^3O^2$. Il serait analogue au minium qui est une combinaison du protoxyde et du bioxyde.

Ce produit est noirâtre et ressemble au sous-oxyde provenant de la distillation de l'oxalate de plomb. Calciné au contact de l'air, il se transforme en protoxyde.

En présence de l'acide acétique, il se change en protoxyde qui se dissout, et en plomb métallique qui se rassemble au fond du vase, et dont les parties se soudent facilement; dans ce cas Pb^3O^2 donne Pb et 2(PbO). Cela explique aussi pourquoi, lorsqu'on lave le précipité avec l'acide acétique au pôle négatif, on a toujours Pb pour résidu, de même que lorsqu'on fait usage du nitrite dissous dans l'acide acétique. Du reste, je compte étudier de nouveau ce composé qui est assez difficile à obtenir pur; car sur la lame négative il se mêle quelquefois un sous-sel verdâtre aux flocons grisâtres de l'oxyde. Si son existence est bien constatée, c'est donc, comme on le voit, le deuxième oxyde de plomb que l'on obtient à l'aide de l'électricité, et qui jusqu'à présent n'a pu être obtenu par les procédés chimiques ordinaires. Le premier est l'hydrate de peroxyde jaune clair, que mon père a obtenu il y a deux ans. Ainsi, les oxydes de plomb connus seraient, d'après cela :

Pb^2O sous-oxyde;
Pb^3O^2 ?
PbO protoxyde;
Pb^3O^4 minium;
PbO^2 peroxyde;
PbO^2, HO hydrate de peroxyde.

Quand on décompose électro-chimiquement une solution de nitrite de plomb, ce n'est que dans les premiers instants que le composé grisâtre se précipite; si l'on veut continuer l'opération, on a au pôle négatif un mélange d'oxyde et de plomb métallique, et le poids du précipité diminue et s'approche sans cesse d'être égal à celui de 1 équivalent de plomb. Il est probable, dans ce cas, qu'il se forme au pôle positif un nitrate ou un nitrite moins basique qui se décompose en même temps, et qui donne lieu à un dépôt de plomb.

Pour donner un exemple de ce que je viens de dire, je citerai les deux résultats suivants, obtenus en faisant passer un courant électrique dans 2 décilitres de dissolution bouillante de nitrite, et pesant le précipité qui s'est formé sur la lame après le passage du courant pendant quelques minutes, puis ensuite après un temps plus long :

	Gaz dégagé dans le voltaïmètre.	Gaz sec.	Eau décomposée correspondante.	Dépôt négatif.	Plomb correspondant à 1 equival.
	cent. cubes.	cent. cub.	milligr.	gr.	gr.
Prem. dépôt	22,5	21,7	11,65	0,507	0,134
Second dép.	74,0	71,3	38,29	1,026	0,440

Le précipité a été lavé à l'eau chaude, puis ensuite séché au feu sur du papier à filtrer; il retenait encore probablement un peu d'eau.

On voit toujours que, proportionnellement, le précipité dans le second cas est moins considérable que dans le premier cas, car le rapport au poids de l'équivalent est $\frac{1,507}{0,134} = 3,7$ pour le premier dépôt, et $\frac{1,026}{0,440} = 2,3$ pour le second.

Si l'on continuait encore, on serait arrivé à n'avoir que le poids de 1 équivalent, c'est-à-dire du plomb métallique seul.

Quand on décompose électro-chimiquement le nitrite dont j'ai parlé, et qu'on emploie pour lame positive une lame de platine ou d'or, on a en général un dépôt de peroxyde de plomb, comme avec tous les sels de plomb; mais, lorsque les dimensions de cette lame sont semblables à celles de la lame négative, c'est-à-dire, lorsque la surface est de 6 à 7 centimètres carrés, le dépôt de peroxyde est peu considérable, et même, dans certaines circonstances, pour une intensité de courant que je n'ai pu apprécier, car je n'ai pas reproduit ce résultat à volonté; il ne se dégage pas de gaz au pôle positif, et il ne se dépose pas de peroxyde : la

décomposition du nitrite se ferait donc dans ce cas sans dégagement de gaz. Si la lame positive a de petites dimensions, ou si c'est un fil, alors on observe un dégagement de gaz oxygène et un dépôt de peroxyde; mais dans tous les cas, avec ce nitrite la liqueur se colore en jaune, ce qui indique la formation de l'hyponitrite jaune $Az^2O^4 2PbOHO$ au pôle positif.

L'hyponitrite orange $Az^2O^4 \frac{7}{2}(PbO) HO$ paraît se comporter de la même manière, et donner le même précipité au pôle négatif plus ou moins mélangé de plomb métallique.

Pour en donner un exemple, je citerai le résultat suivant :

Gaz mélangés.	Gaz sec à $0^m,76$.	Eau décomposée correspondante.	Dépôt négatif.	Peroxyde déposé au pôle positif.	Plomb correspondant à 1 équivalent.
cent. cub. 69	cent. cub. 65,03	milligr. 34,9	gr. 1,143	gr. 0,060	gr. 0,4015

On voit que le dépôt lavé à l'eau chaude est près de trois fois égal au poids de l'équivalent. Le poids du peroxyde positif est de 60 milligrammes; si l'on admettait que la réduction du sel de plomb fût due à l'hydrogène, on devait avoir au pôle positif une quantité de peroxyde correspondante, ou bien ici $0^{gr},232$, ce qui n'est pas.

Quant à l'hyponitrite jaune, il donne pour précipité un poids qui varie depuis 1 équivalent jusqu'à près de 2 équivalents; c'est un mélange de l'oxyde dont j'ai parlé et de plomb métallique. Mais avec tous ces composés, quand on lave à l'acide acétique, il reste toujours 1 équivalent de plomb métallique, ce qui s'accorde très-bien avec la décomposition en proportions définies de l'électricité.

On voit, d'après cela, que la formation de ce nouvel oxyde de plomb complique la décomposition électro-chimique des nitrites, et que, dans l'incertitude où l'on est de leur véritable constitution atomique, on ne peut dire à présent s'ils sont décomposés directement ou non par l'é-

lectricité; dans tous les cas, il y a toujours en général plus de 1 équivalent de déposé au pôle négatif par suite de la décomposition électro-chimique, comme je l'avais déjà annoncé; mais si l'on a égard à la décomposition électro-chimique des corps dont la constitution est bien connue, comme je l'ai dit dans mon Mémoire, on vérifie la loi à laquelle je suis parvenu et que j'ai énoncée au milieu de cette Note.

EXAMEN CHIMIQUE DU BENJOIN;

PAR M. E. KOPP.

Le benjoin, malgré l'importance de l'acide benzoïque et de ses dérivés, n'a pas encore été soumis à un examen détaillé pour reconnaître s'il existe une relation entre les résines et l'acide qu'il renferme, et pour étudier les produits de leur altération par l'action d'agents énergiques.

Nous devons les connaissances que nous possédons à son égard aux travaux d'Unverdorben (*Poggendorff Ann.*, tome XVII, page 179) et de Van der Veiet (*Ann. der Chemie et Pharm.*, tome XXXIV, page 177). Le premier de ces chimistes analysa le benjoin, et trouva qu'il contenait, outre l'acide benzoïque, trois résines différentes : l'une, soluble dans le carbonate sodique (résine γ); la deuxième, insoluble dans une solution de ce sel, mais soluble dans l'alcool et l'éther (résine α); la troisième, insoluble dans le carbonate sodique et l'éther, soluble seulement dans l'alcool (résine β).

Van der Veiet analysa ces trois résines, et trouva pour leur composition :

	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Formule.
Résine γ	75,16	8,35	16,49	$C^{80} H^{40} O^{6}$
Résine α	72,96	7,25	19,79	$C^{70} H^{44} O^{14}$
Résine β	72,15	6,24	21,61	$C^{40} H^{44} O^{9}$

La résine α peut être considérée comme une combinaison de β avec γ; et, en effet, par l'action prolongée des alcalis, elle peut être transformée en ces deux dernières.

M. Berzelius (*Jahresber.*, 1840, page 394) adopte les formules suivantes, comme correspondant mieux aux résultats de l'analyse :

Résine β......	$C^{40}H^{42}O^{8}$
Résine γ......	$C^{30}H^{42}O^{6}$
Résine α......	$C^{70}H^{84}O^{14}$

Quant aux produits d'altération, il n'existe qu'un essai de M. Cahours (*l'Institut*, 1839, n° 275), qui distilla du benjoin sans en avoir séparé préalablement l'acide benzoïque, et obtint ainsi un liquide insoluble dans l'eau, bouillant à 205 degrés, d'une composition $= C^{18}H^{16}O^{4}$, et qui, par l'action des alcalis, se décomposait en acide benzoïque et en une huile plus légère que l'eau et ayant de l'analogie avec la benzine. Mais M. Berzelius a observé avec raison que l'acide benzoïque n'étant pas détruit par la distillation, il était difficile de décider si le produit obtenu était une combinaison ou un simple mélange.

Les propriétés principales du benjoin et de ses résines étant suffisamment connues, j'ai surtout dirigé mon attention sur les produits d'altération et d'oxydation.

Malgré la diversité des composés obtenus, soit par la distillation sèche, soit par l'action de l'acide nitrique, etc., il fut bientôt facile de reconnaître que les différents produits se rattachent à deux types distincts : le type du benzoïle et le type du phénol. Les dérivés de ces deux séries se retrouvent, en effet, dans toutes les réactions, et leur nature dépend de celle des agents employés, même dans le cas où la réaction fut assez vive pour détruire complétement le représentant de l'une des séries; il est encore possible d'en constater l'existence, précisément par la nature même des produits de destruction.

Ainsi, par exemple, la distillation sèche fournit :

1°. De l'acide benzoïque;
2°. De l'hydrate de phényle.

L'action de l'acide nitrique fournit :

1°. De l'hydrure de benzoïle;
De l'acide benzoïque;
De l'acide isomère de l'acide benzoïque.
2°. De l'acide nitrophénisique ou nitropicrique.

L'action de l'acide chromique fournit :

1°. De l'hydrure de benzoïle;
De l'acide benzoïque.
2°. De l'acide carbonique. } Il y a ici destruction complète de la série
De l'acide formique. } du phénol.

On voit, par là, que par ses résines et leurs dérivés, le benjoin appartient, non-seulement à la série du benzoïle, mais encore à celle du salycile, du phényle, et peut-être même de l'indigo, au moins pour ce qui concerne l'action de l'acide nitrique.

I. — *Analyse du benjoin.*

Le benjoin, réduit en poudre fine, fut digéré, pendant trente-six heures, à une température voisine de 60 degrés avec une solution de carbonate sodique, de manière à ce que la liqueur restât constamment légèrement alcaline. On fit ensuite bouillir pendant une demi-heure, la résine s'aggloméra, et après le refroidissement on put décanter la liqueur claire. Le gâteau résineux pulvérisé fut de nouveau traité par une faible solution de carbonate sodique, et ce procédé répété trois fois; puis, pour enlever le petit excès de soude combiné, surtout à la résine α, et qui l'aurait rendue insoluble dans l'éther, on fit bouillir le résidu avec de l'eau acidulée. La résine lavée fut ensuite pulvérisée et séchée à 100 degrés.

Les solutions de benzoate sodique, réunies et concentrées, furent neutralisées par de l'acide chlorhydrique; il s'en sépara ainsi 3 pour 100 de résine γ : en sursaturant ensuite par le même acide, le tout se prit en masse. L'acide ben-

zoïque ainsi obtenu fut exprimé, lavé avec un peu d'eau froide, exprimé de nouveau à la presse et séché à l'air. Il formait 14 pour 100 du benjoin.

Le gâteau résineux fut digéré en vases clos avec l'éther, et on obtint une solution jaune, qui, au bout de quelques jours, laissa déposer une résine jaune-rougeâtre formant 0,8 pour 100 du benjoin.

La liqueur distillée donna pour résidu la résine α, qui retient les dernières traces d'éther avec une grande énergie. Pour l'en débarrasser sans l'altérer (ce qui arrive en voulant chasser l'éther par la chaleur), on n'a qu'à la faire bouillir pendant quelque temps. Desséchée, elle est jaune, opaque, très-cassante, et forme 52 pour 100 du benjoin.

Le résidu épuisé par l'éther, traité par l'alcool, lui cède 25 pour 100 de la résine β, qui est très-brune, cassante, et contient toujours encore un peu de la résine α.

La composition du benjoin est donc :

	I.	II.
Acide benzoïque	14,0	14,5
Résine α	52,0	48,0
Résine β	25,0	28,0
Résine γ	3,0	3,5
Résine déposée par l'éther	0,8	0,5
Impuretés et perte	5,2	5,5
	100,0	100,0

La composition du benjoin doit évidemment être variable, puisque les larmes blanches sont entièrement solubles dans l'éther et contiennent de 8 à 12 pour 100 d'acide, tandis que les parties brunes renferment les deux résines α et β et jusqu'à 15 pour 100 d'acide. Une autre portion de benjoin fut dissoute dans six parties d'alcool, et neutralisée par une solution alcoolique de soude. En mélangeant la teinture avec trois fois son volume d'eau bouillante, la majeure partie de la résine se sépare en s'agglomérant. La liqueur claire fut distillée, et le reste de la résine se déposa

sur les parois de la cornue. L'acide benzoïque fut retiré, comme précédemment, du benzoate sodique.

Ce procédé fournit 16 pour 100 d'acide et 75 de résine.

Il faut avoir soin de ne point ajouter un excès de soude; il se formerait sur-le-champ un précipité jaunâtre très-abondant, qui se rassemble au fond de la liqueur et qui consiste en une combinaison peu soluble dans l'alcool de résine α avec la soude.

Soumises à l'action des composés oxydants, les résines α et β se comportent d'une manière analogue. On peut donc opérer sans inconvénient avec leur mélange, qui forme le résidu de l'extraction de l'acide benzoïque du benjoin, au moyen du carbonate sodique.

II. — *Action de la chaleur.*

En employant la résine en poudre grossière et non encore parfaitement desséchée, on observe trois phases dans l'opération.

1°. La résine commence par fondre et l'eau se volatilise, mais en entraînant une matière parfaitement blanche et d'apparence butyreuse, ayant une odeur très-forte et très-suave. On n'en obtient que de petites quantités et qui sont accompagnées de cristaux d'acide benzoïque. En passant le tout entre des feuilles de papier, la matière les imprègne, et l'on peut ensuite étendre le tout avec de l'éther. Purifiée, elle se présente sous forme d'une masse blanche, très-molle, volatile, soluble dans les huiles essentielles, très-inflammable et brûlant avec une flamme fuligineuse.

2°. L'eau s'étant vaporisée, la température s'élève vers 180 à 200 degrés; de légères vapeurs blanches s'élèvent dans la cornue et se condensent en fournissant une matière molle demi-cristalline, blanche ou rose au commencement, puis légèrement brunâtre, et qui par la pression se sépare en deux parties: l'une solide, blanche, cristalline; l'autre

liquide, jaunâtre, et tenant en solution beaucoup de la matière solide.

Pour obtenir une séparation, il faut agiter ce dernier produit avec une solution alcaline assez faible et chaude. La partie solide et acide se dissout en formant un sel soluble, et l'huile se sépare en se précipitant ordinairement au fond de la solution.

3°. A mesure que la distillation avance, la partie solide diminue, et il faut élever la température. La matière dans la cornue se boursoufle et répand des vapeurs épaisses, jaunâtres, qui se condensent en un liquide brun, huileux, assez épais, tandis que des gaz hydrogène carboné et chargés de vapeurs empyreumatiques, se dégagent. Enfin, lorsque la cornue rougit, l'opération est terminée, et il reste pour résidu un charbon volumineux très-léger, d'une structure feuilletée, et qui brûle sans répandre ni odeur ni fumée.

Pour utiliser le dernier produit huileux, on le distille à part; il fournit alors une huile semblable à celle déjà obtenue, un peu d'acide et un grand résidu de charbon.

A. *Produit cristallin solide.* — Ce corps possède tous les caractères de l'acide benzoïque.

Il est très-soluble dans l'eau bouillante, et la solution se prend en masse cristalline par le refroidissement : il fond à 120 degrés, et se sublime sans altération en aiguilles; ses vapeurs sont irritantes et brûlent avec une flamme rouge et fuligineuse.

Son sel ammonique neutre ne précipite pas les sels de manganèse, précipite, au contraire, les sels ferriques en jaune-brun; les sels de cuivre sont précipités en blanc-bleuâtre; le précipité est soluble à chaud dans l'acide acétique, et cristallise par le refroidissement en petites aiguilles. Le nitrate d'argent est précipité en flocons blancs, qui se dissolvent par la chaleur et cristallisent en petites aiguilles blanches d'un grand éclat.

0gr,500 d'acide pur et fondu ont fourni 1,255 d'ac. carb. et 0,225 d'eau.

	Calculé.		Trouvé.
Carbone...	68,85	C^{14}...	68,10
Hydrogène.	4,92	H^{12}...	5,00
Oxygène...	26,23	O^4...	26,90

B. *Produit liquide.* — Ayant recueilli avec soin le produit huileux (ce qui offre quelque difficulté, le liquide ayant à peu près la même densité que l'eau, et se dilatant tellement par la chaleur, qu'il surnage sur l'eau bouillante, tandis qu'il tombe au fond de l'eau froide), on en chasse la majeure partie de l'eau en le maintenant, pendant quelque temps, à une température voisine de 100 degrés, on y ajoute du chlorure calcique, et enfin on distille le liquide huileux décanté.

On obtient ainsi une huile légèrement jaunâtre; son poids spécifique = 1,062 à 15 degrés; son point d'ébullition = 200 degrés, réfractant très-fortement la lumière; son odeur et sa saveur rappellent celles de la créosote; elle brûle avec une flamme vive et répandant beaucoup de fumée. L'alcool, l'éther, l'essence de térébenthine, l'acide acétique la dissolvent avec facilité.

L'acide sulfurique la dissout également en se colorant légèrement en brun, mais sans dégagement d'acide sulfureux; par l'acide nitrique, qui l'attaque vivement, elle se boursoufle et se transforme en une matière résineuse jaune, qui à la longue fournit des cristaux d'acide nitropicrique.

Elle forme avec les alcalis très-concentrés des combinaisons incolores dont celle de potasse est cristalline; les acides l'en séparent de nouveau.

Elle coagule l'albumine, mais moins que la créosote, et un morceau de bois de sapin, qui en est imprégné, se colore en bleu par l'action de l'acide chlorhydrique.

0gr,400 ont donné 1,100 d'acide carbonique et 0,235 d'eau.

	Calcul.		Expérience.
Carbone...	76,66	C^{12}...	75,70
Hydrogène.	6,46	H^{12}...	6,54
Oxygène...	16,96	O^2....	17,76

Ces réactions démontrent que c'est l'hydrate de phényle de M. Laurent ou l'acide carbolique de M. Runge

$$C^{12}H^{10}O+H^{2}O.$$

Action de l'acide nitrique.

Cette action est très-remarquable, et les produits fournis sont tout en rapport avec ceux obtenus par la distillation sèche. En traitant la résine par six à huit fois son poids d'acide nitrique du commerce, la réaction s'établit peu à peu, surtout en l'aidant d'une chaleur modérée. Il se dégage des torrents de vapeurs nitreuses, la résine se boursoufle et se transforme en une masse jaune orange, cassante et très-poreuse.

Cette masse est un mélange de cinq à six produits différents très-difficiles à séparer d'une manière exacte, et présentant beaucoup d'analogie de propriétés : les uns sont solubles dans l'eau, d'autres dans l'alcool, et tous dans des solutions alcalines. Leur étude n'étant pas encore terminée, je me réserve de la publier plus tard.

Le boursouflement ayant cessé, on introduit le tout dans une cornue spacieuse, et on chauffe, en ayant la précaution d'agiter de temps en temps la cornue pour réduire le volume de la matière. Bientôt la réaction se fait d'une manière régulière ; on cohobe trois ou quatre fois pour détruire la majeure partie de l'acide nitrique. Dans le récipient on trouve un liquide acide, jaunâtre, contenant beaucoup de cristaux d'acide benzoïque, de l'hydrure de benzoïle, de l'acide hydrocyanique et encore un peu d'acide nitrique.

Le liquide visqueux, rouge-brun de la cornue, est versé, encore chaud, dans une capsule, où on le mélange avec trois ou quatre fois son volume d'eau bouillante.

Il se sépare alors en deux parties : l'une résineuse qui se dépose ; l'autre aqueuse, d'un jaune foncé, qu'on décante avec précaution et qu'on laisse refroidir. La matière résineuse se compose surtout de deux résines : l'une, d'un jaune

verdâtre, plus légère que l'eau, se ramollit vers 30 degrés, fond vers 50 degrés et peut être étirée en fils présentant éclat soyeux; la seconde est brune, plus pesante que l'eau, moins fusible que la précédente. Toutes les deux possèdent une saveur amère. En les traitant de nouveau par l'acide nitrique, elles fournissent les mêmes produits que la résine primitive.

Le liquide aqueux, en se refroidissant, laisse déposer une poudre jaune assez volumineuse, ne présentant pas trace de cristallisation. Les eaux mères, neutralisées à chaud par du carbonate potassique, fournissent par le refroidissement une abondante cristallisation de nitropicrate potassique.

On recueille les cristaux sur une toile et on exprime fortement. Les eaux mères, concentrées au quart, laissent quelquefois déposer encore quelques cristaux; elles ont pris une couleur très-foncée, due soit à la présence d'un peu de résine dissoute dans la liqueur alcaline, soit à la décomposition d'une partie de nicropicrate de potasse. En les saturant par un acide, il se dépose une poudre jaune, qui est identique avec celle obtenue précédemment; on la recueille, et le liquide ne contient plus alors que du nitrate potassique et peu de matière organique.

L'existence de l'acide nitropicrique fut parfaitement prouvée par ses propriétés physiques et chimiques, et par celle de ses sels.

Le sel potassique fut obtenu en beaux cristaux ayant 2 centimètres de long, présentant des prismes à six faces latérales, dont quatre petites et deux grandes, et un reflet irisé. La couleur du sel peut varier depuis le jaune jusqu'au rouge-brun.

Le sel ammonique cristallise comme le sel potassique, mais sa couleur est toujours d'un jaune pur.

Le sel plombique neutre s'obtient par double décomposition de solution bouillante de nitropicrate potassique et

d'acétate plombique rendu acide par de l'acide acétique; par le refroidissement on obtient des aiguilles brunes, assez solubles dans l'eau, et détonant avec violence.

En employant de l'acétate plombique neutre, on obtient un mélange de cristaux de nitropicrate sesquiplombique et biplombique.

La formule du nitropicrate plombique neutre est

$$C^{12}H^{4}N^{6}O^{14}, PbO + H^{2}O.$$

En effet, $1^{gr},500$ de sel perdirent à 100 degrés 0,038, et décomposés par l'acide sulfurique, fournirent 0,650 de sulfate plombique :

		Calcul.	Expérience.
Acide nitropicrique.	2773,00	64,78	64,70
Oxyde plombique...	1394,00	32,57	32,76
Eau..............	112,50	2,65	2,54
	4280,50	100,00	100,00

La production de l'acide nitrohématique est un excellent moyen pour découvrir des traces d'acide nitropicrique ou de ses sels. Pour cela, on n'a qu'à ajouter à leur solution du sulfate ferreux et un excès d'alcali; il y a sur-le-champ production d'une teinte rouge de sang assez intense.

La poudre jaune, purifiée par plusieurs solutions dans l'eau pure, et précipitée par le refroidissement, se comporte comme un acide; elle rougit le papier de tournesol humide, et forme des précipités colorés avec les sels métalliques, si ses sels de plomb sont précipités en jaune, ceux de cuivre en vert, ceux d'argent en jaune-brun, et ceux d'alumine en jaune : sa saveur est piquante, sans amertume. En desséchant cette poudre à une douce chaleur ou au soleil, on remarque qu'elle se recouvre peu à peu de paillettes cristallines. En fondant ce corps desséché, il se prend par le refroidissement en une masse résineuse également recouverte de cristaux blancs. Un grand nombre d'analyses de ce corps, ainsi que de ses sels, fournissent des résultats constamment différents. A chaque nouvelle puri-

fication par cristallisation, la quantité d'azote allait en diminuant.

En même temps, on remarque que la couleur jaune devient de moins en moins intense, et par un grand nombre (une vingtaine) de solutions dans l'eau bouillante, et de précipitations par refroidissement, on parvient finalement à éliminer entièrement la matière jaune azotée qui reste dans les eaux mères, ou qui se résinifie peu à peu au contact de l'air, et on a finalement une poudre blanche amorphe, semblable à de la craie, qui a une réaction légèrement acide, qui forme des sels alcalins difficilement cristallisables, et des sels métalliques peu solubles, dont les acides puissants précipitent de nouveau la poudre blanche amorphe.

Ce corps est remarquable en ce qu'il a exactement la même composition que l'acide benzoïque hydraté, et qu'il se transforme complétement en ce dernier corps par l'action de la chaleur.

En effet, une portion de cette matière, placée dans une petite cornue et soumise à l'action de la chaleur, fond, se volatilise sans laisser le moindre résidu, et il distille une substance blanche, cristalline, qui, dissoute dans l'eau, présente tous les caractères de l'acide benzoïque.

En employant l'acide amorphe impur, c'est-à-dire contenant encore la matière colorante jaune azotée, cette dernière ne gêne nullement la transformation; seulement vers la fin, il y a quelquefois déflagration et un résidu de charbon. Si la matière jaune se trouvait en grande quantité, comme cela arrive pour les parties obtenues immédiatement par le traitement de la résine du benjoin par l'acide nitrique, la déflagration aurait lieu au commencement même de la distillation et se ferait avec un grand dégagement de chaleur et de lumière. Parmi les produits de cette décomposition, on remarque l'odeur d'acide hydrocyanique ou d'essence d'amandes amères.

Cette curieuse transformation s'observe très-bien en ex-

posant la poudre placée sur une plaque noire et recouverte d'un entonnoir à l'action des rayons solaires. Au bout de quelques heures, l'entonnoir se trouve tapissé d'une multitude de cristaux d'acide benzoïque.

Je ne suis pas encore parvenu à isoler la matière colorante jaune.

L'action de l'acide chromique sur la résine fournit de l'essence d'amandes amères et des cristaux d'acide benzoïque.

L'action de l'acide sulfurique donne lieu à trois produits différents :

1°. Un acide copulé, formant des sels solubles avec la chaux et la baryte ;

2°. Une résine d'un beau rouge ressemblant beaucoup à la rutilène ;

3°. Une résine brune.

Cette dernière réaction exige un examen plus approfondi.

DE L'AIMANTATION PRODUITE PAR LES COURANTS ÉLECTRIQUES ;

PAR M. MARIANINI.

(Publié à Modène, en italien, au mois d'avril 1840.)

PREMIER MÉMOIRE.

Sur quelques analogies entre l'action inductrice et l'aimantation produite par les courants leyd-électriques.

Les expériences que j'ai faites pour découvrir pourquoi l'induction leyd-électrique avait une direction tantôt contraire, tantôt analogue à celle de la décharge de la bouteille, m'ont fait voir que l'aimantation du fer produite par le courant électrique peut elle-même être considérée comme un phénomène d'induction. Les résultats obtenus

par M. Savary dans son beau travail sur l'aimantation m'ont confirmé dans cette opinion; car on y trouve plusieurs cas d'aimantation inverse obtenus par le savant français, soit en faisant varier la distance entre les aiguilles d'acier et le fil parcouru par la décharge, soit en faisant varier la tension de la batterie.

Or, comme nous l'avons déjà vu, le ré-électromètre peut servir de *magnétomètre,* surtout quand le fer est placé dans un tube de verre environné d'une hélice métallique, c'est-à-dire qu'il peut servir à faire connaître aisément et avec assez d'exactitude, les degrés d'aimantation qu'acquiert le fer quand on fait circuler autour de lui des courants électriques. Je me mis donc à étudier, au moyen de cet instrument, l'aimantation produite par les courants électriques afin de voir si d'autres faits ne viendraient pas confirmer cette déduction, et surtout afin de m'assurer si les circonstances que nous avons vues exercer une influence sur l'intensité et la direction des courants induits n'en auraient pas sur l'intensité de l'aimantation produite par les courants et la direction dans laquelle elle a lieu.

La tension de la charge de la bouteille, sa capacité et la conductibilité des corps que doit parcourir la décharge, sont les circonstances qui influent sur l'intensité et la direction de l'induction. Le but de ce travail a été d'examiner ces circonstances, non pas dans leurs rapports avec l'aimantation en général, mais seulement sous le point de vue des analogies qu'elles établissent entre l'induction et l'aimantation produites par les courants leyd-électriques.

PREMIÈRE PARTIE. — *Influence de la tension de la bouteille de Leyde sur l'aimantation qu'elle provoque dans le fer.*

Je me suis surtout servi, pour ces expériences, de quelques centaines de petits cylindres en fer neuf et complétement dénués d'aimantation. Chacun de ces cylindres pesait

12 décigrammes et avait 85 millimètres de long, et ne servait que pour une seule expérience.

En employant une petite bouteille dont l'armature externe était de 1 décimètre carré, et chargée à la température de 3 degrés de l'électromètre à double cadran de Volta, la moyenne de six expériences m'a donné pour résultat, qu'un de ces cylindres acquérait une aimantation capable de faire dévier l'aiguille de l'instrument de 2°,658. Le maximum et le minimum des déviations observées ne différaient entre eux que de 0°,6.

La moyenne de six autres expériences faites sur le même nombre de fils de fer, et avec la même bouteille chargée à une tension de 6 degrés, m'a donné pour résultat une déviation de 4°,216. La déviation maximum différait de la déviation minimum de 1 degré. La moyenne de six autres expériences, faites avec la bouteille chargée à 9 degrés, fut une déviation de 6°,8. Donc, en représentant par l'unité la tension de 3 degrés, et prenant aussi pour unité la moyenne de l'effet de cette bouteille, les tensions pourront être exprimées par les nombres 1, 2, 3, et les moyennes des aimantations seront représentées par les nombres 1; 1,586; 2,565. Des expériences semblables à celles que nous venons de rapporter, faites avec une bouteille ayant une armature d'environ 15 décimètres carrés, chargée aux tensions de 3, 6, 9, 12 degrés, ont donné pour résultat, qu'en représentant les tensions par les nombres 1, 2, 3, 4, les forces magnétiques acquises par le fer peuvent être exprimées par les nombres 1; 1,294; 1,61; 1,824. Les résultats obtenus en se servant de fils de fer plus gros sont représentés dans le tableau suivant :

Nombres exprimant les tensions........	1	2	3	4
Nombres exprimant la force magnétique acquise par le fer....................	1	1,87	2,396	2,77

dans la grande pour que sa décharge, agissant dans le même sens sur l'hélice, fasse diminuer l'aimantation du fer lui-même. Plusieurs fils de fer pareils à ceux dont j'ai parlé, furent aimantés à 12 degrés; un même nombre à 40 degrés; un même nombre encore à 80 degrés. J'introduisis ensuite un à un dans l'hélice ceux de la première catégorie, et agissant sur chacun avec la grande bouteille chargée à des tensions de plus en plus grandes, je vis qu'elle ne faisait décroître l'intensité magnétique du fer que lorsque la tension était de plus de 30 degrés. Mais les barreaux de fer de la seconde catégorie commençaient à perdre de l'intensité magnétique quand la grande bouteille était chargée à 15 degrés, et pour diminuer l'aimantation de ceux de la troisième, il suffisait que la grande bouteille eût une tension de 2 ou 3 degrés.

D'après ces expériences, j'ai vu que, lorsque le fer est très-aimanté, la petite bouteille chargée à de hautes tensions produit un effet moindre que lorsqu'elle est chargée à des tensions moins fortes, et j'ai conclu de cela, que si l'on pouvait augmenter suffisamment la tension de cette petite bouteille, on pourrait, même avec elle, voir décroître l'intensité magnétique du fer fortement aimanté, et je vis aussi que ce phénomène pouvait être aisément observé en opérant sur des barreaux de fer beaucoup plus gros que ceux d'abord employés. Ainsi, je pris un cylindre de fer de la longueur des autres, mais qui pesait $11^{gr},45$; je l'aimantai de manière à ce qu'il fît dévier l'aiguille de l'instrument de 53 degrés. Je fis circuler autour de lui la décharge de la petite bouteille, chargée à une tension de 10 degrés. L'aiguille se porta à 58 degrés. Alors je déchargeai la même bouteille à une tension de 35 degrés; l'intensité magnétique diminua tellement, que l'aiguille recula du 58e au 55e degré. Si donc, lorsque l'on fait agir la grande bouteille dans le sens où je fis agir la petite, l'intensité magnétique du fer diminue, ne pourrait-on pas croire qu'en faisant agir la grande

bouteille en sens contraire, on verrait augmenter cette intensité magnétique? Il n'en est rien cependant; car, dans ce cas même, l'intensité magnétique du fer diminue plus encore que lorsque le courant parcourt l'hélice dans l'autre sens. Pour m'en convaincre, j'aimantai, au moyen de la petite bouteille, le barreau de fer de l'expérience précédente, de manière à ce qu'il fit dévier l'aiguille de 58 degrés; je déchargeai sur l'hélice qui renfermait ce barreau la grande bouteille chargée à 28 degrés, et la décharge des deux bouteilles eut lieu dans le même sens : l'aiguille rétrograda à 42 degrés. Ayant renouvelé l'aimantation de manière à ramener l'aiguille à 58 degrés, je déchargeai en sens contraire sur l'hélice la grande bouteille chargée à la même tension de 28 degrés, et je vis le fer, non-seulement perdre toute son intensité magnétique, mais encore acquérir une polarité contraire et faire dévier l'aiguille de l'instrument de — 6 degrés.

TROISIÈME PARTIE. — *Influence du conducteur que le courant magnétique doit traverser.*

Je plaçai cinq fils de fer dans l'hélice du ré-électromètre; je les aimantai au moyen de quelques décharges électriques, de manière à ce que l'aiguille déviât de 43° 30′. Je déchargeai sur cette hélice la grande bouteille à 20 degrés de tension, la faisant agir dans la direction des décharges qui avaient aimanté les fils, mais la forçant à traverser un verre d'eau. L'intensité magnétique du fer augmenta, et l'aiguille se porta à 47 degrés. La même bouteille chargée à 20 degrés, et déchargée sur l'hélice sans traverser l'eau, fit rétrograder l'aiguille de 47 à 16 degrés. Je renouvelai encore cette décharge en la faisant passer par l'eau, et l'aiguille remonta de 16 à 28 degrés, et au moyen d'une dernière décharge à la tension de 13 degrés, la déviation parvint à 44 degrés.

Par conséquent, le courant produit par la grande bouteille chargée à de médiocres ou à de fortes tensions, s'il

traverse une couche d'eau, produit dans le fer un effet semblable à celui que produit cette même bouteille chargée à de faibles tensions, ou une bouteille de petite capacité. Nous voyons encore dans ce fait une nouvelle analogie entre l'aimantation et l'induction que produisent les courants instantanés, car nous observons encore ici, comme nous l'avons fait pour les inductions, que si l'on fait varier la conductibilité du liquide qui fait partie du conducteur traversé par le courant, on voit varier aussi les résultats. Et même ces renversements de l'*action aimantatrice* n'appartiennent pas exclusivement à une espèce donnée de conducteurs, car on les observe et avec de l'eau salée, et avec de l'eau acidulée, à la condition, toutefois, que la longueur de la couche que le courant doit traverser, corrige la trop grande conductibilité de ces liquides, et on les observe aussi toutes les fois que le courant parcourt un fil métallique d'une très-grande longueur.

En me servant même de bouteilles de petite capacité, j'ai remarqué dans quelques circonstances ces phénomènes d'aimantation contraire, selon que le courant traverse un bon ou un mauvais conducteur, et surtout en faisant agir ce courant sur du fer aimanté, dans un sens contraire à celui dans lequel il avait été d'abord aimanté fortement et à plusieurs reprises.

Cette anomalie et beaucoup d'autres que l'on observe de temps en temps dans ce genre d'expériences, n'empêchent pas qu'il n'existe beaucoup d'analogie entre l'action inductrice et l'action aimantrice des courants électriques, et c'est même sur ces expériences que s'appuie chaque jour davantage l'hypothèse, que les phénomènes magnétiques sont produits par des courants électriques.

J'ajouterai, enfin, que les renversements d'aimantation que l'on observe lorsqu'on fait varier ou la tension, ou la capacité du coherçant armé, ou la conductibilité du conducteur que doit traverser la décharge, ont lieu lors même

que le fer a été aimanté naturellement, soit par l'action d'un aimant, soit par celle d'un courant voltaïque.

DU RÉ-ÉLECTROMÈTRE COMME MOYEN DE DÉCOUVRIR LA DIRECTION DE LA FOUDRE ;

PAR M. MARIANINI.

(Tiré en le traduisant d'une Lettre adressée au docteur BONCOMPAGNI.)

(Publié dans les *Annales des Sciences de Bologne*, avril et mai 1843.)

J'ai démontré qu'au moyen du ré-électromètre (1) on peut détourner d'un excellent conducteur métallique une partie du courant d'électricité ordinaire qui le traverse. Je crois qu'on pourrait obtenir les mêmes résultats en agissant sur l'électricité atmosphérique de la foudre. Pour cela, je proposerai de mettre en communication, au moyen de deux longs fils métalliques, les deux extrémités de l'hélice d'un ré-électromètre avec deux points, pas trop rapprochés, d'un paratonnerre ordinaire. Je placerai dans le tube en verre du ré-électromètre un faisceau de fils de fer, et au-dessous une boussole disposée de manière à ce que l'axe du tube fasse un angle droit avec l'aiguille aimantée, et que le milieu de cet axe et le centre de l'aiguille soient dans la même verticale. Ainsi, toutes les fois que la foudre parcourra le paratonnerre, une petite portion de l'électricité circulera autour des fils de fer et les aimantera, et la déviation de l'aiguille placée au-dessous indiquerait la direction de l'aimantation, c'est-à-dire fera connaître si la foudre a été ascendante ou descendante dans le paratonnerre.

Cette indication sera plus sûre que celle déduite de l'état électrique de l'atmosphère avant la chute de la fou-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. X, p. 497.

dre; car il arrive souvent dans les orages, que l'état électrique de l'atmosphère passe rapidement du positif au négatif, et *vice versâ*. D'ailleurs, il n'est pas dit que de cet état électrique de l'atmosphère tel que nous pouvons le constater, nous puissions déduire avec certitude celui du nuage orageux. En outre, l'indication donnée par mon instrument aura l'avantage de pouvoir être observée sans précipitation, car l'aimantation produite par les courants instantanés ne disparaît pas, du moins en grande partie, avec la même rapidité que celle provenant des courants voltaïques.

Bien que l'on puisse rendre aussi petite que l'on veut la fraction d'électricité détournée du conducteur, et cela en prenant très-près l'un de l'autre sur le paratonnerre les deux points de départ des fils qui communiquent à l'hélice, cependant on pourrait craindre encore que cette petite fraction pût fondre le fil qu'elle traverse. Pour parer à cet inconvénient, on pourrait se servir de l'instrument d'une autre manière, c'est-à-dire on pourrait faire communiquer ensemble les deux extrémités de l'hélice du ré-électromètre au moyen d'un fil, constituant ainsi un circuit fermé; 1 mètre environ de ce fil serait dans une direction parallèle au paratonnerre, à une distance de quelques mètres. Je suis convaincu, d'après mes propres expériences sur l'étincelle de la machine électrique, que le ré-électromètre indiquerait le passage de la foudre dans le paratonnerre, et dans ce cas, le ré-électromètre étant électrisé par influence, ses indications seraient évidemment en sens contraire de celles qu'aurait données l'instrument, si le fil avait été traversé par une portion d'électricité directe. Il est bien vrai, comme nous l'avons vu, que lorsque les courants instantanés agissent par induction, ils produisent l'aimantation tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre; mais j'ai déjà fait observer, dans les Mémoires précédents, que lorsque la tension est grande, le courant induit a toujours la même

direction, et que si le fer est tout à fait dénué d'aimantation, il s'aimantera toujours dans le même sens.

Il est possible que par cette méthode, et rien qu'en augmentant la longueur de la partie du fil qui est parallèle au paratonnerre, le ré-électromètre puisse signaler à des distances notables la chute de la foudre; car, si une petite bouteille de Leyde nous a donné des inductions à la distance de 80 centimètres, ne pouvons-nous pas en conclure que la foudre nous en donnera à la distance de plusieurs mètres?

J'oserais même espérer qu'on pourrait obtenir une aimantation par induction quand la foudre éclate seulement entre les nuages, car les inductions leyd-électriques ont lieu lors même que le conducteur inducteur n'est autre chose qu'une couche d'air.

MÉMOIRE SUR LA RÉSINE DE GAIAC;

PAR MM. PELLETIER ET H. DEVILLE.

Voici un travail que feu Pelletier et moi nous avons fait de concert sur une substance à laquelle les chimistes n'avaient pas encore donné beaucoup d'attention. Nos expériences ont été faites dans le but de déterminer nettement les analogies chimiques du gaïac, et par conséquent d'aider, par un élément de plus, à la classification des résines.

La composition de la résine brute purifiée, celle même du gaïac séparée en deux éléments distincts par l'ammoniaque, ne nous ont donné aucun résultat qui pût servir à caractériser ces substances d'une manière remarquable. Mais nous avons trouvé, dans les produits de leur distillation, des corps dont les réactions nous permettent de rapprocher la résine de gaïac du benjoin et des baumes, dont elle partage une partie des propriétés caractéristisques.

Il serait aujourd'hui, à notre avis, difficile de classer

les résines autrement que par la considération des huiles essentielles desquelles on peut supposer que les résines proviennent par une modification variable d'ailleurs. Pour le gaïac, cette huile essentielle ne serait autre qu'une substance analogue, par ses propriétés et sa composition, à l'hydrure de salycile, à l'huile de spiræa. Cette substance n'existe pas toute formée dans le gaïac; c'est un des produits de sa distillation. Elle a pour composition $C^{28} H^{16} O^{4}$, qui ne diffère de celle de l'hydrure de salycile que par 2 équivalents d'hydrogène. Comme cet hydrure, elle se combine avec les bases, produit ainsi des sels cristallisés, qui à l'air et à l'humidité se transforment en un corps noir analogue à l'acide mélanique de M. Piria. Nous n'avons pu obtenir l'acide correspondant à l'acide salycilique.

Le brome et le chlore donnent, avec le corps qui nous occupe, des acides cristallisés dans lesquels la moitié de l'hydrogène est remplacée dans l'huile primitive par du brome et du chlore, équivalent pour équivalent.

Nous nommerons donc l'huile du gaïac *hydrure de gaïacile*, pour en rappeler les analogies.

Nous transcrirons ici une de nos observations, qui conduira peut-être à une explication du phénomène chimique de la coloration à l'air et à la lumière, de la teinture de gaïac. L'hydrure de gaïacile est parfaitement incolore et inaltérable à l'air lorsqu'il est pur; mais en contact avec de la potasse aqueuse et à l'air, elle passe par les teintes diverses que prend la résine à l'influence de l'air et de la lumière. Seulement ici, le phénomène marchant moins vite, on a le temps d'apercevoir une légère teinte rose qui précède celle vert foncée, qui est la teinte définitive. La coloration s'effectue beaucoup plus rapidement lorsque la substance est impure.

L'hydrure de gaïac se purifie avec la plus grande difficulté et exige le même mode particulier de préparation que la créosote. Cette particularité nous explique la diffé-

rence qui existe entre nos analyses et celles de M. Sobrero, qui s'est occupé après nous du même sujet (1). La substance encore impure sur laquelle a opéré ce chimiste, nous a donné la même formule

$$C^{30}H^{18}O^{4}$$

adoptée par lui, et qui ne nous a pas paru mériter toute confiance. La densité de vapeur de l'hydrure de gaïacile correspond parfaitement à la formule

$$C^{28}H^{16}O^{4}.$$

Elle a été trouvée égale à 4,49, au lieu de 4,42.

Nous mentionnerons ici deux substances: l'une la gaïacine, dont la formule est

$$C^{20}H^{16}O^{2} \text{ (4 vol. de vapeur)},$$

laquelle se déduit de l'acide gaïacique de M. Thierry $C^{24}H^{16}O^{6}$ (2) de la même manière que l'acétone se déduit de l'acide acétique, la benzine de l'acide benzoïque, l'anisole de l'acide anisique, etc. L'autre substance cristallise en lames brillantes dont la nature acide est peu prononcée, mais se combine pourtant avec les alcalis caustiques.

Ces divers produits, comparés à ceux de la distillation du baume de tolu, nous permettent de conclure que le gaïac et le tolu sont des résines qui, dans une classification de ces corps, occuperont des places correspondantes à celles des hydrures de benzoïle et de salycile dans une classification des essences.

---

(1) M. Sobrero avait désigné cette huile sous le nom d'*acide pyrogaïque*. Nous n'avons pas cru devoir conserver cette dénomination, 1° parce que nous démontrerons que la substance à laquelle elle s'applique n'a aucune analogie avec les huiles pyrogénées ou empyreumatiques; 2° parce que ce nom ne rappelle aucune analogie.

Je saisis cette occasion de remercier M. Sobrero de la manière dont il a répondu à la réclamation de priorité faite devant l'Académie pour quelques-uns des faits de ce Mémoire.

(2) J'ai fait l'analyse de cette substance, qui est très-belle et très-intéressante, sur un très-petit échantillon que m'avait remis M. Thierry. J'en ai conclu la formule ci-dessus.

NOUVELLE THÉORIE DE L'AMALGAMATION.

Depuis quelques années, on s'est beaucoup occupé de l'amalgamation. Il paraît toutefois que, malgré les travaux les plus récents, la théorie de cette opération laisse encore à désirer. Voici, en effet, l'extrait d'une Lettre adressée par M. Bowring, ingénieur des Mines au Mexique, où il a séjourné plusieurs années, à M. Pentland, qui a bien voulu me la communiquer :

J'ai fait quelques expériences curieuses sur l'amalgamation, dont les résultats détruisent complétement l'ancienne théorie de la formation des chlorures; et leur application, que j'essaye actuellement sur une grande échelle avec diverses sortes de minerais, semble devoir réduire les frais de réduction de 30 à 40 pour 100 dans les minerais pauvres, et de plus de 50 pour 100 dans les minerais riches. Pour vous expliquer ce système, je commencerai par la théorie du bénéficio que j'ai conçue il y environ un an, et pour laquelle j'ai fait des expériences sur une grande échelle.

Le bichlorure de cuivre qui se forme dans l'opération du patio avec le sel et le sulfate de cuivre, forme, par le contact avec le mercure, du protochlorure des deux métaux. Celui de cuivre, absorbant l'oxygène de l'atmosphère, est converti en oxychlorure de cuivre. Trouvant, cependant, qu'en mettant cet oxychlorure, déjà formé dans l'appareil, on évitait seulement la dépense dans la manipulation sans épargner le mercure, je conclus qu'il se formait durant l'opération quelque sel de cuivre non décrit, et j'ai été conduit à faire l'expérience suivante.

On prend 125 parties de deutoxyde de cuivre, qui ont bouilli avec environ 27 $\frac{1}{7}$ parties de sulfate de cuivre et 27 $\frac{1}{2}$ parties de sel marin. Lorsqu'on n'aperçoit plus de cuivre dans la dissolution, on ajoute 100 parties de ce métal bien précipité, et on fait bouillir le tout jusqu'à ce que le dépôt acquière une couleur rouge brique. Ce dépôt paraît être un composé de protochlorure et de protoxyde de cuivre. En très-peu de minutes, en le faisant bouillir avec du sulfure d'argent simple ou composé, celui-ci est réduit à l'état métallique. Il se forme en même temps de l'acide sulfurique. Je soupçonne fortement que l'oxychlorure de cuivre ou un composé analogue se forme dans le bénéficio ordinaire, et surtout lorsque l'amalgame de cuivre est employé en partie, au lieu de mercure, méthode qui a été suivie avec succès durant les quatre dernières années. Vous devez comprendre qu'il doit y avoir un grand avantage à former d'abord les ingrédients qui agissent, au lieu de le faire dans le patio, quand ils sont mêlés avec les mi-

nerais. Les réactions de ce genre sembleront bien difficiles à régler, lorsqu'on considère la masse immense de ces minerais qui, ici, ne contiennent généralement pas $\frac{1}{4}$ pour 100 d'argent et souvent pas $\frac{1}{8}$.

M. Bowring, étant venu lui-même récemment à Paris, m'a rendu témoin des expériences qu'il rapporte, et qui réussissent parfaitement.

En résumé, M. Bowring pense que dans l'opération du bénéficio, le sulfate de cuivre se change en bichlorure, et le bichlorure, par le contact du mercure, en protochlorure de cuivre. Ce dernier absorbe l'oxygène et se convertit en oxychlorure.

L'oxychlorure cède son oxygène au soufre du sulfure d'argent. L'acide sulfurique, ainsi formé, décompose le sel marin. L'acide chlorhydrique, devenu libre par ce moyen, rend soluble le protochlorure de cuivre, et sans doute avec le concours de l'air, celui-ci se convertit en bichlorure qui recommence l'opération.

D'ailleurs, le mercure en excès s'empare de l'argent.

Quoi qu'il en soit de cette théorie, l'amalgamation devient très-rapide, très-complète et plus économique par l'intervention de l'oxychlorure de cuivre comme magistral.

De plus, la formation de l'acide sulfurique en abondance n'est nullement douteuse. (J. D.)

SUR LA FABRICATION DE LA COLLE;

Lettre de M. Schattenmann à M. *Dumas*.

Pendant mon séjour à Paris, j'ai eu l'honneur de vous entretenir de la fabrication de la colle, et de vous faire part des résultats de mon expérience dans cette branche d'industrie.

Dans chacune des Notices qui ont accompagné l'envoi des échantillons des produits de l'administration des Mines de Bouxwiller aux expositions publiques de 1834, 1839 et 1844, j'ai appelé l'attention sur la manière de con-

stater la valeur véritable de la colle. J'ai reconnu que la colle verte, qu'on obtient en fondant les matières à colle, séchait beaucoup moins facilement que la gelée de la colle déjà séchée et refondue, et que la colle sèche, trempée dans l'eau froide, boit, selon les diverses sortes et qualités de colle, une quantité d'eau plus ou moins grande, et que sa capacité en matière ou en force collante, constatée par ce procédé, est proportionnelle à sa valeur réelle.

J'ai conclu de ces faits, que la colle verte provenant de la fusion des matières à colle contient une eau de composition plus intimement liée à la colle que l'eau provenant d'une refonte de colle sèche, laquelle n'est plus qu'une eau de mélange, qui se dégage et s'évapore beaucoup plus facilement que l'eau de composition; qu'enfin, la colle sèche contient une certaine quantité d'eau de composition, qui diminue par les refontes et par les dessiccations nouvelles auxquelles la colle est soumise. J'en ai tiré la conséquence, que la fabrication de la colle en feuilles minces, susceptibles d'une dessiccation plus complète, était préférable à celle en feuilles épaisses, comme les colles de Givet et de Bologne.

J'ai fait récemment une série de nouvelles expériences tendant à constater la valeur de la colle sèche par la quantité d'eau qu'elle boit à froid et les changements qu'elle subit par la refonte ou par une plus complète dessiccation. Le résultat de ces expériences me paraît avoir une grande importance pratique; car, s'il est vrai qu'une colle sèche de même apparence peut varier considérablement quant à sa force ou sa capacité, il faut nécessairement admettre que le dosage en colle sèche devra être abandonné pour y substituer celui en gelée obtenue par l'immersion de la colle sèche dans l'eau froide à une température de 15 à 16 degrés centigrades pendant vingt-quatre heures, parce que cette gelée est l'expression vraie de la capacité de la colle, et que la gelée ainsi obtenue indique, par sa consistance plus ou moins ferme, la qualité de la colle.

La colle d'os, ou gélatine, est évidemment la meilleure de toutes les colles fortes, tant par sa force que par la consistance de sa gelée.

Notre fabrication de cette colle est réglée de manière à n'obtenir que des feuilles minces parfaitement desséchées de deux sortes de colle : 1° la colle d'os blanche fine ; 2° la colle d'os blonde fine. Je ne parlerai pas des colles d'os de qualités inférieures que nous obtenons, car nous ne les produisons qu'en quantités insignifiantes.

Notre colle d'os blanche fine, par son immersion dans l'eau froide pendant vingt-quatre heures, boit, en moyenne, douze fois son poids d'eau, c'est-à-dire qu'une feuille de 3 grammes donne 39 grammes d'une gelée ferme et élastique fort remarquable par sa consistance.

La colle d'os blonde fine, traitée de la même manière, boit, en moyenne, neuf fois son poids d'eau, et donne une gelée sensiblement moins ferme que la colle d'os blanche.

La colle forte ordinaire d'Alsace ou d'Allemagne, faite avec des matières d'animaux domestiques, traitée de la manière susdite, ne boit, en moyenne, que cinq fois son poids d'eau et donne une gelée brune très-molle sans élasticité et sans consistance, et qui se met en morceaux en la maniant. Cette gelée, qui est évidemment d'une valeur et d'une qualité très-inférieures, ne saurait soutenir de comparaison avec la gelée de notre colle d'os blonde fine et encore bien moins avec celle de notre colle d'os blanche.

La colle de Bologne, faite comme celle de Givet de rognures de peaux d'animaux sauvages, soumise au même traitement après vingt-quatre heures d'immersion, ne boit que trois fois et demie son poids d'eau ; mais après six fois vingt-quatre heures, elle s'imbibe de sept fois un quart son poids d'eau. La gelée en est assez ferme et paraît être de bonne qualité.

La colle d'os refondue et séchée de nouveau, trempée pendant vingt-quatre heures, boit, en moyenne, un tiers d'eau en sus de la quantité dont s'imbibe la colle sèche obtenue

des os. Nos colles d'os de refonte boivent ainsi, en moyenne :

La colle d'os blanche fine, seize fois son poids d'eau ;
La colle d'os blonde fine, douze fois son poids d'eau.

La gelée obtenue de ces colles a moins de fermeté et de consistance que celle des mêmes colles obtenues des os.

La perte ou le déchet résultant de la refonte de nos colles d'os sèches est d'environ 10 pour 100, et elle n'est pas ainsi en rapport exact avec la capacité supérieure qu'a la colle refondue de s'imbiber d'une plus grande quantité d'eau.

J'attribue le déchet qu'éprouve la colle sèche par une refonte, en partie aux pertes inséparables de ce travail, mais aussi à une dessiccation plus complète de l'eau de composition de la colle, et j'en trouve la preuve dans la capacité supérieure de la colle refondue à s'imbiber d'une plus grande quantité d'eau, et dans la circonstance, que les colles bien desséchées, et surtout celles qui ont été refondues, sont moins hygrométriques que les colles mal fabriquées ou celles qui proviennent de matières de mauvaise qualité qui ont ce caractère à un haut degré.

Je pense que l'eau de composition de la colle nuit à sa qualité, et qu'elle paralyse son action collante, et qu'ainsi sa force augmente proportionnellement à sa dessiccation.

Je conclus de ce qui précède, que le moyen pratique le plus sûr et le plus convenable de constater la force et la qualité de la colle consiste à la tremper pendant vingt-quatre heures dans l'eau froide pour la convertir en gelée, que sa qualité doit être appréciée d'après la consistance et la fermeté de la gelée, et sa capacité en matière collante d'après la quantité d'eau dont elle s'imbibe.

Si les faits et les principes que je viens d'exposer sont vrais, comme je suis porté à le croire, il faut admettre que dans la pratique le dosage en colle sèche doit être proscrit, parce qu'il est inexact et irrationnel, et qu'il faut y substituer celui en gelée obtenue par l'immersion de la colle sèche dans l'eau froide pendant un temps déterminé d'au moins vingt-quatre heures.

Il en résulte, de plus, que les colles de qualités inférieures et à bas prix, loin de présenter une économie, donnent lieu, tout au contraire, à un surcroît de dépense, et souvent à un travail nuisible; car il n'est pas rare que les colles fortes ordinaires, et surtout les colles vertes obtenues de rognures de peaux, employées depuis quelque temps aux apprêts des étoffes, entrent en putréfaction et infectent des marchandises d'une grande valeur, surtout lorsque celles-ci sont exposées au contact d'un air humide ou à une température élevée.

Nous vendons la colle d'os blanche fine à 300 francs, et la colle blonde fine à 190 francs les 100 kilogrammes rendus à Paris, ainsi que nous l'avons indiqué dans la Notice remise avec les échantillons de nos produits, envoyés à l'exposition publique.

Notre colle d'os blonde fine, trempée pendant vingt-quatre heures dans l'eau froide, s'imbibe de 9 parties d'eau, et donne ainsi 10 parties de gelée ferme d'une excellente qualité.

La colle d'Alsace ou d'Allemagne, valant 130 francs les 100 kilogrammes, traitée de la même manière, ne boit que cinq fois son poids d'eau, et ne donne ainsi que 6 parties de gelée molle, brune et de mauvaise qualité. Il en résulte que 100 kilogrammes de colle d'os blonde fine, donnant 1 000 kilogrammes de gelée, et la même quantité de colle forte d'Alsace, ne donnant que 600 kilogrammes de gelée par leur immersion dans l'eau froide pendant vingt-quatre heures à une température de 15 à 16 degrés centigrades, la gelée de la première colle ne coûte que 19 francs, tandis que celle de la seconde revient à 21 francs 66 centimes le quintal métrique. C'est une économie de 14 pour 100 que donne la colle d'os sur la colle forte ordinaire, indépendamment de la grande supériorité de qualité de la première. Voilà à quel résultat conduit souvent la préférence que l'on donne quelquefois à des objets, à cause de leur bas prix.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — DÉCEMBRE 1844.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTR.		ÉTAT DU CIEL	VENTS
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Maxim.	Minim.	A MIDI.	à MIDI.
1	759,47	— 0,6		759,56	— 0,1		759,57	+ 0,1		759,99	— 0,4		+ 0,7	+ 0,2	Couvert..............	O. N. O.
2	758,96	— 1,2		758,12	0,0		757,68	— 0,8		756,18	— 2,6		+ 1,7	— 0,1	Neige..............	S. S. E.
3	755,03	— 1,2		754,90	— 1,2		755,10	— 0,3		757,76	— 0,5		— 0,5	— 3,5	Couvert..............	N. N. E.
4	759,56	— 3,3		759,01	— 1,7		758,53	— 0,6		758,95	— 2,9		— 0,3	— 3,5	Beau..............	N.
5	758,58	— 6,5		758,67	— 4,4		759,01	— 3,2		760,54	— 2,4		— 3,1	— 7,1	Brouillard..............	N. E.
6	762,15	— 2,7		762,09	— 2,1		762,02	— 1,2		762,41	— 3,7		— 1,1	— 3,7	Beau..............	N. E.
7	763,39	— 5,8		762,99	— 4,4		762,52	— 4,0		763,48	— 7,7		— 3,8	— 6,5	Nuageux..............	N. E.
8	758,55	— 8,0		757,28	— 6,0		755,78	— 5,5		756,49	— 6,4		— 5,4	— 9,3	Couvert..............	N. N. E.
9	757,73	— 6,9		758,19	— 6,2		758,26	— 6,1		759,47	— 6,9		— 6,0	— 8,0	Couvert..............	N. O.
10	757,90	— 6,3		757,42	— 5,1		757,22	— 5,0		757,82	— 6,2		— 4,3	— 7,2	Couvert..............	N. O.
11	757,61	— 7,1		756,95	— 6,3		756,62	— 6,2		757,21	— 6,3		— 5,7	— 9,3	Couvert..............	O. S. O.
12	755,60	— 6,0		754,60	— 5,0		753,49	— 5,3		752,31	— 4,6		— 4,6	— 6,3	Couvert..............	N. N. O.
13	746,92	— 5,2		745,28	— 4,8		743,48	— 4,7		742,34	— 5,6		— 4,3	— 5,7	Couvert..............	E. S. E.
14	743,95	— 2,7		744,16	+ 0,2		745,09	+ 1,0		747,08	+ 0,8		+ 1,8	— 6,6	Brouillard très-épais.	E.
15	746,22	+ 2,4		744,97	+ 3,0		743,58	+ 2,8		740,80	+ 2,3		+ 3,1	— 0,2	Ciel voilé..............	E. S. E.
16	741,02	+ 3,9		741,03	+ 4,4		740,33	+ 5,4		740,47	+ 4,3		+ 5,6	+ 2,4	Couvert..............	S. E.
17	743,32	+ 4,5		743,10	+ 5,5		743,86	+ 5,0		745,04	+ 4,5		+ 5,4	+ 3,8	Brouillard..............	S. E.
18	749,09	+ 4,6		749,15	+ 7,5		750,20	+ 8,8		753,25	+ 3,4		+ 9,4	+ 3,4	Très-nuageux..............	S. E.
19	756,33	+ 0,4		756,23	+ 2,9		756,50	+ 5,0		758,37	+ 4,2		+ 5,1	— 0,4	Couvert..............	N.
20	759,61	+ 2,4		759,53	+ 2,9		759,32	+ 2,9		760,02	+ 2,4		+ 3,0	+ 2,2	Couvert..............	N. E.
21	760,77	+ 1,6		760,30	+ 2,2		760,54	+ 3,0		760,87	+ 1,2		+ 3,1	+ 1,2	Couvert..............	E. N. E.
22	759,10	— 0,6		758,96	— 0,8		758,70	— 1,0		760,06	— 1,3		— 0,9	— 1,1	Couvert..............	N. E.
23	762,51	— 1,0		762,81	— 1,0		763,79	— 1,0		764,63	— 0,9		— 0,8	— 1,4	Couvert..............	N. O.
24	765,23	— 0,1		764,82	+ 0,1		764,61	+ 0,1		764,46	0,0		+ 0,1	— 0,5	Couvert..............	E.
25	763,42	+ 0,3		763,02	+ 1,4		762,84	+ 2,7		762,73	+ 0,6		+ 3,3	— 2,3	Beau..............	E. N. E.
26	761,73	— 3,1		760,53	— 1,2		759,68	+ 0,3		759,25	— 1,3		+ 1,1	— 4,8	Brouillard très-épais.	N.
27	760,13	— 0,1		759,93	+ 3,4		759,85	+ 4,5		760,25	+ 2,1		+ 4,8	— 3,0	Nuageux..............	S. E.
28	760,45	+ 2,4		759,39	+ 5,0		758,84	+ 6,5		758,80	+ 4,8		+ 7,2	+ 1,5	Vaporeux..............	S. E.
29	758,34	+ 5,8		757,45	+ 6,2		756,65	+ 7,5		756,22	+ 6,3		+ 7,6	+ 5,0	Couvert..............	S. S. E.
30	755,52	+ 3,1		754,80	+ 5,1		754,78	+ 6,0		756,04	+ 3,1		+ 7,1	+ 2,9	Couvert..............	S. S. E.
31	757,48	+ 3,5		757,04	+ 4,0		756,71	+ 5,2		757,53	+ 4,6		+ 5,2	+ 3,0	Couvert..............	N. E.
1	739,13	— 4,2		758,82	— 3 2		758,87	— 2,7		759,31	— 4,0		— 2,2	— 4,9	... Moy. du 1er au 10	Pluie en cent.
2	750,00	— 0,3		749,50	+ 1,2		749,25	+ 1,5		749,69	+ 0,5		+ 1,9	— 1,7	... Moy. du 11 au 20	Cour. 2,917
3	760,42	+ 1,1		759,91	+ 2,2		759,73	+ 3,1		760,07	+ 1,7		+ 3,4	0,0	... Moy. du 21 au 31	Terr. 2.154
	756,63	— 1,1		756,20	+ 0,1		755,97	+ 0,6		756,45	— 0,6		+ 1,0	— [illegible]	... Moyenne du mois......	— 0°,6

MÉMOIRE SUR L'ACIDE LACTIQUE;

PAR M. J. PELOUZE.

(Lu à l'Académie des Sciences dans la séance du 9 décembre 1844.)

Le Mémoire que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie peut être considéré comme faisant suite au travail sur l'acide lactique que M. J. Gay-Lussac et moi lui avons soumis en 1833. Depuis cette époque, l'histoire de l'acide lactique s'est enrichie sans doute de plusieurs observations importantes; mais les travaux dont il a été l'objet ont été presque exclusivement dirigés vers son état naturel et les moyens de le produire artificiellement. L'étude de ses propriétés chimiques a été, au contraire, très-négligée, et ce que l'on en sait est loin d'être au niveau de nos connaissances sur un grand nombre de matières organiques sans contredit beaucoup moins dignes d'intérêt. Cependant l'acide lactique est une des substances les plus répandues dans l'économie animale et dans les végétaux, où il semble remplir quelquefois un rôle important. Il existe naturellement dans le lait, et se forme en abondance pendant l'acescence spontanée de ce fluide. MM. Bernard et Barreswil viennent de constater son existence dans le suc gastrique.

Il résulte de quelques observations encore inédites de M. Gobley, qu'il se trouve aussi à l'état de liberté dans le jaune d'œuf.

On le rencontre dans tous les sucs végétaux dont la fermentation spiritueuse n'a pas suivi une marche régulière, dans les farines avariées et fermentées de toutes les céréales, dans la jusée des tanneurs, dans l'eau sure des amidonniers; il se forme en abondance lorsqu'un sucre, à quelque classe qu'il appartienne, est mis en contact, à une température de 20 à 30 degrés, avec un carbonate alcalin et terreux et un ferment, particulièrement avec la matière caséeuse du lait.

La fermentation butyrique qui suit immédiatement la fermentation lactique des sucres, des gommes et de l'amidon, est venue encore accroître l'intérêt que mérite l'acide lactique sous le double point de vue de la chimie et de la physiologie.

L'acide lactique est un liquide incolore, soluble en toutes proportions dans l'eau et l'alcool, d'une saveur franchement acide, presque insupportable tant elle est forte et mordicante. Sa composition, qui est très-simple, a été déterminée à la même époque (1833), par MM. Mitscherlich et Liebig, d'une part, et d'une autre part, par M. J. Gay-Lussac et moi. Il a pour formule

$$C^6H^6O^6 = C^6H^5O^5,HO;$$

ces nombres expriment un équivalent d'acide monohydraté

$$(C = 75; \quad H = 12,5; \quad O = 100).$$

L'action de la chaleur sur l'acide lactique est fort remarquable.

A une température voisine de 130 degrés, mais qu'on peut élever davantage sans inconvénient, cet acide laisse distiller un liquide incolore, qui n'est autre chose que de l'eau tenant en dissolution une petite quantité d'acide lactique même. Après un laps de temps très-long, lorsqu'il ne se dégage plus d'eau, l'opération est terminée; le résidu a pris une teinte jaune peu prononcée; il est devenu solide, facilement fusible, d'une amertume excessive, presque insoluble dans l'eau, très-soluble au contraire dans l'alcool et l'éther. Au reste, il ne se dégage aucune trace de gaz quelconque dans cette réaction, qui consiste en une simple déshydratation de l'acide lactique.

La composition et les propriétés du résidu solide dont je viens de parler ne permettent aucun doute sur sa véritable nature. C'est de l'acide lactique anhydre, tel qu'il existe dans les lactates mêmes. En effet, il est formé de 6 équivalents de carbone, de 5 équivalents d'hydrogène et de 5 équivalents d'oxygène. Une ébullition prolongée avec l'eau,

ou une longue exposition dans ce liquide froid ou dans un air humide, le convertissent en acide lactique ordinaire. Cette transformation est, pour ainsi dire, instantanée sous l'influence des bases solubles, et sous ce rapport mes expériences ont été très-nombreuses. Le lait de chaux donne, avec l'acide lactique insoluble, le sel ordinaire avec ses 6 équivalents d'eau. J'en ai déterminé la capacité de saturation et extrait l'acide monohydraté. Il faut donc ajouter l'acide lactique au nombre assez restreint des acides qui perdent par la chaleur leur eau saline, c'est-à-dire cette proportion d'eau qu'ils échangent contre des bases en formant des sels. J'avais déjà, il y a douze ans, signalé cette propriété dans les acides maléique et paramaléique, et plus tard je l'avais retrouvée, avec M. Liebig, dans l'acide œnanthique.

La déshydratation de l'acide lactique s'effectue, toutefois, avec beaucoup plus de lenteur que celle des acides précédents, et c'est pour cela, sans doute, qu'elle nous avait échappé. J'ajouterai encore que ce phénomène se manifeste à une température que l'on emploie presque toujours, sans hésiter, pour dessécher la plupart des matières organiques, et cette observation montre toute la circonspection avec laquelle il faut procéder dans ces sortes d'expériences.

L'acide lactique anhydre, soumis à l'action du gaz ammoniac sec, en absorbe 1 équivalent, et forme une combinaison particulière ($C^6H^5O^5, H^3Az$), dans laquelle l'ammoniaque n'a pas cessé d'être sensible aux réactifs qu'on emploie ordinairement pour en déceler la présence.

J'ai constaté que l'acide œnanthique anhydre forme aussi un composé de même ordre, composé qu'il est peut-être permis d'assimiler aux sels amidés.

L'acide lactique, ou plus exactement l'acide anhydre dont je viens de parler, résiste à l'action de la chaleur jusque vers 250 degrés. A ce dernier terme, les gaz, qui jusque-là ne s'étaient pas montrés, commencent à se dégager. Ils

consistent en oxyde de carbone mêlé seulement de 4 à 5 centièmes de son volume d'acide carbonique ; la proportion de ce dernier gaz augmente peu à peu, et vers la fin de l'expérience, son volume atteint environ la moitié de celui de l'oxyde de carbone. Du reste, il ne paraît pas qu'il se forme aucun carbure d'hydrogène.

Plusieurs substances volatiles se montrent en même temps que le gaz et vont se condenser dans le récipient. Je parlerai d'abord d'une belle matière cristallisable que nous avons décrite, M. J. Gay-Lussac et moi, sous le nom d'*acide lactique anhydre*, nom impropre que je propose de donner à la matière précédemment décrite, et qui présente en effet la composition de la matière organique des lactates les plus desséchés. Cette matière cristallisée, que j'appellerai désormais *lactide* (dénomination déjà proposée par M. Gerhardt), a joué un rôle important dans plusieurs discussions relatives à la constitution des acides organiques ; comme d'ailleurs elle est sans analogue en chimie, et qu'elle est fort curieuse à plusieurs égards, j'ai cru qu'il était bon de contrôler nos anciennes analyses et de vérifier de nouveau sa transformation en acide lactique ordinaire. Sous ce double rapport, j'ai constaté l'exactitude de nos anciennes expériences. La lactide a bien pour formule

$$C^6 H^4 O^4;$$

c'est de l'acide lactique moins 2 équivalents d'eau, et cette composition explique tout à la fois sa formation pendant la distillation sèche de cet acide, et sa métamorphose en acide lactique même, sous l'influence de l'eau ou des bases hydratées.

Il existe donc deux matières neutres, $C^6 H^5 O^5$ et $C^6 H^4 O^4$, qui ne sont pas de l'acide lactique, mais qui en dérivent par la perte de 1 ou de 2 équivalents d'eau qu'éprouve cet acide lorsqu'on le distille, et qui sont susceptibles de le régénérer soit directement, soit indirectement, en absorbant

précisément l'équivalent ou les 2 équivalents d'eau dont ils ont besoin pour cela.

L'acide hydraté qui a été produit par l'action de l'eau ou de l'air humide sur la lactide est limpide, tout à fait incolore, et d'une pureté parfaite.

La composition toute particulière de la lactide me faisait pressentir qu'elle pourrait bien, en agissant sur le gaz ammoniac, donner naissance à un corps de la série des amides, car ceux-ci ne sont, analytiquement parlant, que des sels ammoniacaux anhydres, dont on aurait soustrait les éléments d'un équivalent d'eau. Le résultat a répondu à mon attente.

Quand on expose le corps $C^6 H^4 O^4$ à l'action du gaz ammoniac, on le voit se liquéfier peu à peu, et absorber ce gaz avec dégagement de chaleur. Il en résulte une nouvelle substance, dont la composition a été établie par l'analyse et la synthèse.

La *lactamide* (c'est le nom que je propose de lui donner) est formée de 1 équivalent de lactide, $C^6 H^4 O^4$, et de 1 équivalent d'ammoniaque ; mais cette ammoniaque s'y trouve à l'état latent, comme dans les corps de la série des amides. Les acides aqueux et les alcalis ne l'en dégagent qu'à chaud, et avec beaucoup de lenteur ; elle se dissout dans l'eau sans y subir aucune altération, et ce n'est que sous une pression correspondant à une température supérieure à 100 degrés, qu'elle se transforme en véritable lactate d'ammoniaque. Le lait de chaux la décompose, en dégage peu à peu l'ammonique, et l'acide oxalique sépare du sel calcaire de l'acide lactique ordinaire.

La lactamide ne paraît pas susceptible de se combiner avec les bases ni avec les acides ; elle est sans action sur les réactifs colorés. L'alcool la dissout en proportion considérable, et la laisse déposer, par la concentration ou le refroidissement, sous la forme de beaux cristaux d'une blancheur

et d'une transparence parfaites et qui ont pour forme primitive un prisme droit rectangulaire.

Indépendamment de la lactide dont je viens de rappeler l'existence dans les produits de la distillation de l'acide lactique, celui-ci donne encore, par sa décomposition, une autre substance, que je propose d'appeler *lactone*, parce qu'elle me paraît être à l'acide lactique ce que l'acétone est à l'acide acétique.

On l'obtient pure en soumettant à une douce température les produits de la distillation de l'acide lactique. Lorsque la température a atteint environ 130 degrés, on arrête la distillation; on lave avec de petites quantités d'eau le liquide distillé; une partie se dissout dans cette eau, une autre vient nager à la surface; on l'enlève et on le met en contact pendant plusieurs jours avec du chlorure de calcium. On lui fait enfin subir une dernière distillation.

La lactone qui provient de la décomposition de l'acide lactique est hydratée; elle a pour formule

$$C^{10}H^{8}O^{4}, HO.$$

Cela n'a rien d'étonnant, car elle se forme en présence d'une quantité d'eau considérable. Elle a pour ce liquide une affinité telle, qu'on peut la rectifier plusieurs fois de suite sur du chlorure de calcium, sans qu'elle s'y dessèche. J'ai déjà dit que pour l'obtenir anhydre, il fallait la laisser séjourner pendant plusieurs jours sur cette matière.

La lactone anhydre se présente sous la forme d'un liquide incolore ou légèrement jaunâtre, dont la couleur se fonce peu à peu au contact de l'air. Elle a une saveur chaude et brûlante, une odeur aromatique particulière. Elle est plus légère que l'eau et s'y dissout en quantité très-sensible. Elle brûle avec facilité en produisant une belle flamme bleue, très-étendue et sans aucun dépôt de charbon. Elle entre en ébullition vers 92 degrés.

La lactone anhydre a pour formule

$$C^{10}H^{8}O^{4},$$

qui représente 2 équivalents d'acide lactique desquels on aurait enlevé 2 équivalents d'acide carbonique et 2 équivalents d'eau ($C^{12}H^{10}O^{10} = C^{10}H^{8}O^{4} + 2CO^{2} + 2HO$), ou 2 équivalents de lactide $2C^{6}H^{4}O^{4} = C^{12}H^{8}O^{8}$ dépouillée de 2 équivalents d'acide carbonique seulement. Sa formation pendant la distillation de l'acide lactique libre n'a rien d'extraordinaire; nous avons constaté, il y a longtemps, M. Liebig et moi, que l'acide acétique donnait de grandes quantités d'acétone par la seule action de la chaleur, et c'est là un rapprochement de plus entre l'acétone et la lactone.

Parmi les produits gazeux ou volatils de la distillation sèche de l'acide lactique, j'ai déjà signalé l'oxyde de carbone, l'acide carbonique, l'eau, une petite quantité d'acide lactique ordinaire, la lactide et la lactone. J'ajouterai qu'il se forme en outre un peu d'acétone et un liquide odorant insoluble dans l'eau, dont j'ignore encore la nature. La distillation, commencée vers 250 degrés, n'est complète qu'à 300; à ce dernier terme, il ne reste plus dans le vase distillatoire qu'un charbon d'une incinération difficile, dont le poids représente environ la $\frac{1}{20}$ partie de l'acide employé.

Dans une expérience dont la durée a été de huit heures, 80 grammes d'acide lactique monohydraté ($C^{6}H^{6}O^{6}$), distillés à une température comprise entre 250 et 300 degrés, ont donné 48 grammes de substances liquides (1), 5,5 de

(1) Ces produits liquides laissent déposer, en se refroidissant, des quantités variables de lactide. Lorsque celle-ci est mêlée avec les produits de la décomposition de l'acide lactique, elle semble s'acidifier à l'air humide beaucoup plus vite que lorsqu'elle est pure. Au bout de quelques jours, les liquides distillés traités par l'eau s'y dissolvent presqu'en totalité; il ne se précipite qu'une petite quantité de matière solide presque entièrement formée d'acide lactique anhydre. Le liquide filtré ne contient pour ainsi dire que de l'acide lactique ordinaire.

L'hydratation de la lactide est beaucoup plus facile que celle de l'acide

charbon et 26,5 de gaz dans lequel l'oxyde de carbone entre pour la plus forte proportion.

Une circonstance particulière, qu'il n'est peut-être pas inutile de mentionner, m'a permis de découvrir une propriété très-intéressante de l'acide lactique. Une certaine quantité de cet acide avait été retirée du lactate de chaux provenant de la fermentation de la glucose en présence de la craie et du caséum. Il se décomposait à une température moins élevée que l'acide produit dans des circonstances d'ailleurs semblables avec le sucre de lait, et, chose non moins étonnante pour moi, il donnait de l'oxyde de carbone entièrement dépouillé d'acide carbonique, car il ne formait pas le plus léger trouble dans l'eau de chaux, et ce n'était qu'après avoir laissé dégager des quantités considérables du premier de ces gaz, qu'il finissait par fournir aussi un peu d'acide carbonique.

Je crus pendant longtemps à l'existence de deux acides lactiques, mais enfin je reconnus que cette différence dans les produits de l'action de la chaleur tenait à la présence d'une petite quantité d'acide sulfurique dans l'acide que j'avais employé.

Cet échantillon avait été préparé en décomposant le lactate de chaux par un léger excès d'acide sulfurique, évaporant et reprenant le résidu par l'alcool pour le débarrasser du sulfate de chaux (1).

Le fait une fois bien constaté, je pus reproduire con-

---

lactique anhydre; cela explique pourquoi elle ne donne que de très-petites quantités de ce dernier corps.

(1) Plusieurs échantillons de lactate de fer et d'acide lactique d'une pureté parfaite, que je devais à l'obligeance de M. Gélis, m'ont permis de constater l'identité de l'acide produit par la fermentation de la glucose avec celui du lait aigri spontanément ou après l'addition d'une certaine quantité de lactine, selon la méthode indiquée par MM. Boutron et Fremy. Cette identité a été également démontrée pour l'acide lactique du sucre de canne, de l'amidon, de la gomme fermentée, de la choucroute et du suc de betteraves.

stamment l'oxyde de carbone pur avec l'acide lactique et les lactates provenant d'une source quelconque.

Mêle-t-on de l'acide lactique ou un lactate, par exemple celui de fer, avec cinq ou six fois son poids d'acide sulfurique concentré, et expose-t-on le mélange à une douce température; une vive effervescence ne tarde pas à se manifester dans la masse; elle est due à un dégagement abondant d'oxyde de carbone pur. Le mélange se colore en brun foncé; si on le traite par l'eau, lorsque le gaz a cessé de se dégager, il s'en sépare une matière noire qui se confond, quant à l'aspect, avec l'acide ulmique.

La réaction est tellement nette et facile, que je n'hésite pas à la proposer comme un des meilleurs modes de préparation de l'oxyde de carbone.

6 grammes de lactate de fer cristallisé représentant 3,775 d'acide monohydraté donnent très-approximativement 1 litre d'oxyde de carbone. Ce volume représente à peu près le tiers du poids de l'acide lactique même. La matière noire dont j'ai parlé constitue environ un autre tiers, et, sans l'affirmer, je pense que l'eau est la troisième substance qui se forme par l'action de l'acide sulfurique sur l'acide lactique.

Pour reconnaître si la formation de l'oxyde de carbone devait être attribuée à la décomposition par l'acide sulfurique d'une certaine quantité d'acide formique qui aurait pris naissance pendant le dédoublement de l'acide lactique, j'ai étendu l'acide sulfurique d'une proportion d'eau telle qu'il cessât de pouvoir agir sur l'acide formique; mais dans aucun cas je n'ai pu constater la présence de ce dernier corps.

Il serait sans doute bien difficile de trouver une explication suffisante de ce singulier mode d'altération de l'acide lactique, mais le fait n'en est pas moins très-intéressant et très-digne de l'attention des chimistes.

Lactates.

J'ai peu de chose à ajouter à l'histoire des lactates ; nous l'avons présentée avec quelques détails, M. J. Gay-Lussac et moi, dans le Mémoire que j'ai déjà cité.

Les lactates de fer, de magnésie et de zinc contiennent 3 équivalents d'eau de cristallisation, sont peu solubles et sont sans doute isomorphes ; toutefois, je n'oserais pas avancer d'une manière positive cette dernière assertion, parce que les cristaux que donnent ces trois sels sont très-petits, et qu'il est difficile d'en mesurer les angles.

Le lactate de chaux contient 6 équivalents d'eau et il est peu soluble dans ce liquide, mais il se dissout en forte proportion dans l'alcool, d'où l'éther le sépare sous la forme d'un précipité blanc cristallin. La solution alcoolique de lactate de chaux est précipitée par l'acide phosphorique, tandis que, dans le sein de l'eau, l'acide lactique déplace, au contraire, l'acide phosphorique du phosphate de chaux.

Le lactate d'ammoniaque est déliquescent et incristallisable.

L'acide lactique forme, avec l'oxyde de cuivre, un beau sel bleu qui a pour forme primitive un prisme rectangulaire droit du troisième système.

Ce sel cristallise avec facilité, il contient 2 équivalents d'eau qu'il perd à 120 degrés. Lorsqu'on le soumet à l'action de la chaleur, il laisse dégager un mélange d'oxyde de carbone et d'acide carbonique ; le cuivre ne tarde pas à être réduit à l'état métallique, la matière contenue dans le vase distillatoire entre en fusion et se décompose en fournissant les produits mêmes de la distillation de l'acide lactique libre. Lorsque l'on met en contact avec l'eau le dernier tiers des produits distillés, il arrive quelquefois qu'ils se solidifient tout à coup et laissent déposer une matière qui n'est autre chose que la lactide.

Cette lactide est très-soluble dans la lactone, et c'est à

cette circonstance qu'il faut attribuer le peu de matière cristallisable que l'on obtient souvent parmi les produits de la distillation de l'acide lactique libre ou du lactate de cuivre.

Le lactate de cuivre, préalablement privé de ses 2 équivalents d'eau de cristallisation, m'a donné, par la distillation sèche, 41 centièmes de substances liquides tenant en dissolution une grande quantité de lactide, 29,5 de cuivre métallique, 3,3 de charbon, et 26,2 de gaz (CO et CO^2).

Le lactate de cuivre présente une particularité digne d'attention; il cristallise quelquefois en gros prismes d'un vert foncé qui ne diffèrent, ni par la forme ni par la composition, du sel bleu dont je viens de parler. Redissous dans l'eau, ces cristaux verts se changent en cristaux bleus, et les uns et les autres ont pour formule

$$CuO, C^6 H^5 O^5, 2HO.$$

Le lactate de cuivre, traité par une lessive de potasse caustique en excès, donne lieu à une liqueur bleue foncée; avec la chaux, une partie de l'oxyde de cuivre se précipite, une autre reste en dissolution, même en présence d'un excès considérable de cet oxyde. Dans des conditions semblables, l'acétate de cuivre est toujours entièrement précipité, et la liqueur dans laquelle s'est effectuée la réaction est parfaitement incolore. Ce caractère permet de distinguer nettement l'acide lactique de l'acide acétique dans les sécrétions où ces deux acides n'existent pas simultanément.

L'acide tartrique qui empêche, comme les sucres et l'acide lactique, la précipitation de l'oxyde de cuivre par la potasse caustique, n'apporte aucun obstacle à la précipitation complète de ce même oxyde métallique par un lait de chaux. Il en est de même des acides paratartrique et citrique. Les sels de cuivre sont précipités complétement par l'hydrate de chaux, nonobstant la présence de ces acides. L'acide lactique et les sucres dont il dérive, sont les seuls

corps, parmi ceux que je viens de citer, en présence desquels l'oxyde de cuivre n'est pas précipité ou n'est précipité qu'incomplétement par la chaux. Avec les autres, la précipitation est toujours complète. Je note ces circonstances, parce qu'elles permettent de distinguer l'acide lactique de quelques-uns des corps qui l'accompagnent quelquefois.

Quand il s'agit d'une substance aussi importante que l'acide lactique, aucune observation, pourvu qu'elle soit précise, ne doit paraître dénuée d'intérêt; on conçoit, par exemple, combien doivent être utiles des propriétés de l'ordre de celles dont je viens de parler pour constater rigoureusement la présence de l'acide lactique dans une sécrétion comme le suc gastrique, où il n'existe qu'en proportion très-minime et mêlé à beaucoup de matériaux divers.

J'ajouterai ici, sans crainte d'être contredit, qu'il est à regretter que les analyses si nombreuses qui ont été faites des organes et des sécrétions des animaux, n'aient pas toujours été précédées d'un examen plus approfondi des principes constituants mêmes de ces organes et de ces sécrétions. A une époque où l'on ne connaissait pas d'une manière suffisante les propriétés caractéristiques de l'acide lactique, l'existence de cet acide a été tour à tour signalée et combattue dans le suc gastrique. C'est en s'appuyant sur quelques-unes des expériences rapportées dans ce Mémoire et sur quelques autres qui leur sont propres, que MM. Bernard et Barreswil viennent de résoudre, d'une manière qui paraîtra définitive, la question si débattue de la véritable cause de l'acidité du suc gastrique.

MÉMOIRE SUR UN CAS DE FOUDRE ARRIVÉ A ILLE (DÉPARTEM. DES PYRÉNÉES-ORIENTALES);

PAR M. L'ABBÉ CHAPSAL.

Description du phénomène.

Le 24 août 1842, à dix heures du matin, les habitants de la ville d'Ille ont été plongés dans une profonde consternation, au sujet des ravages que la foudre a exercés sur cette ville. De nombreux étrangers, que la foire y avait attirés, ont été les témoins de cette terrible catastrophe.

Étant sur les lieux, j'ai tout étudié scrupuleusement pour mon instruction. Ce cas de foudre a été accompagné de tant de phénomènes, de tant de faits curieux et intéressants sur la nature, la marche et les effets du feu du ciel, que je ne crains pas de dire qu'un bon physicien qui les examinerait avec les yeux de la science y trouverait un vaste sujet d'études.

Après une suite de jours d'excessive chaleur, 25 à 26 degrés Réaumur, sans orages, le vent du nord ayant amené, la veille du sinistre, une grande quantité de nuages, et le vent du sud survenu dans la nuit ayant aussi poussé les siens, ces nuages se sont heurtés et amoncelés dans l'atmosphère à tel point, que l'obscurité qui en résultait nous rappelait le jour de l'éclipse totale.

Le tonnerre grondait sans interruption, et la pluie tombait par torrents, lorsque tout à coup un éclair très-rouge a paru mettre le feu dans toute la ville, et a été suivi instantanément d'une détonation semblable à celle d'un violent coup de canon. En ce moment, l'habitation du sieur Abadie (Antoine), serrurier-mécanicien, était déjà foudroyée.

Cette maison, remplie de barres de fer, d'une infinité d'outils d'acier, de rouages en cuivre depuis l'atelier

jusqu'à la terrasse, offrait pour comble de malheur un style de fer scellé au sommet du tuyau de la cheminée pour servir de méridienne, et était ainsi prédisposée aux accidents de la foudre (1).

Le mur de face n'étant pas moins garni de fers, tels que balcons, espagnolettes, arrêts de volets à bascule, etc., l'exhalaison enflammée, en sortant avec éclat et violence des nuages qui planaient sur la ville, devait naturellement se porter sur un point où se trouvaient tant d'éléments d'attraction, tant de conducteurs de la foudre, puisque, comme l'on sait, ce météore se dirige ordinairement sur les sommités des édifices, et se porte de préférence sur les métaux.

Il est donc à présumer que le sillon enflammé qui avait pris cette direction suivit l'aiguille du cadran dressé au haut de la cheminée, pour venir éclater sur la toiture de l'édifice, et parcourir les fers de la façade et des appartements placés à peu de distance les uns des autres, jusqu'au rez-de-chaussée où se trouvait l'atelier qui en était rempli. Un sillon tracé par la foudre sur le style du cadran, un angle de la cheminée emporté, les tuiles de la partie du toit correspondante bouleversées et brisées, et une poutre ébranlée prouvent assez le passage du feu du ciel par cet endroit.

Au faîte de la maison, plusieurs carreaux des vitrages de la terrasse ont été brisés. Au troisième étage, où il y a deux balcons de fer, la muraille a été démolie aux endroits où la main-coulante des balcons, les crochets et un gond étaient scellés dans le mur, comme si un ouvrier y avait travaillé, et les volets, qui se trouvaient fermés, ont

(1) Quelques années avant cet événement, des personnes qui se tenaient aux balcons d'une maison voisine, par un temps d'orage, avaient déjà éprouvé une secousse électrique, communiquée par les barreaux des balustrades; elles avaient été obligées de s'éloigner promptement de ce lieu de danger.

été mis en éclats. Au second étage, où les croisées étaient aussi fermées, la foudre a parcouru les deux espagnolettes, a éclaté à leurs extrémités qu'elle a fondues superficiellement, et a fracassé les volets sur ces points.

Au premier étage, où se trouvaient cinq à six personnes dans la même pièce, les châssis fermés, l'élément destructeur a suivi un des gonds inférieurs de chacune des deux fenêtres, a percé le mur sur ces deux points, a imprimé sur la muraille de l'appartement une traînée noire, qui aboutit à une tringle de fer destinée à suspendre des ustensiles culinaires, et, en parcourant cette tringle, a laissé sur le vernis des couvercles en poterie des traces d'explosion. De là, la foudre s'est communiquée au panier des couverts de table, et les a légèrement fondus sur plusieurs points. Ensuite elle a envahi une marmite de fer qui était suspendue au mur de l'évier, a fondu superficiellement l'anse et le clou, qu'elle a arraché, et a éclaté sur l'évier de pierre, qu'elle a brisé, ainsi que le mur de support et une gamelle de terre qui s'y trouvait. La commotion produite dans cette pièce a été si forte, qu'elle a cassé les vitres et lézardé un mur.

Au même instant, un enfant âgé de neuf ans, qui, s'amusant au coin d'une table, entre les deux fenêtres, tenait le pied sur les barreaux d'une cage de fer, dite garde-feu, placée sous cette table, a été foudroyé et jeté à plus d'un mètre de là contre un mur, où il est resté mort, la bouche béante et les yeux ouverts, sans avoir eu le temps de pousser un soupir. Ses parents, qui l'avaient sous les yeux à un pas de distance, ne s'en étaient pas aperçus. Étourdis eux-mêmes par l'éclair et la détonation, ils se trouvèrent au milieu d'une vapeur très-humide et d'une poussière si épaisse, qu'ils ne pouvaient se distinguer les uns des autres, et leurs habits étaient tout blancs. Ce ne fut qu'après être revenus de leur frayeur, qu'ils virent l'enfant frappé par la foudre gisant sur le pavé.

Le jeune garçon portait des souliers ferrés, et c'est par le contact des clous de la chaussure avec un barreau de la cage de fer que l'explosion eut lieu. Le barreau sur lequel le pied de l'enfant était appuyé, présentait une empreinte noire, et de légères traces de fusion au point de contact avec le soulier. Quelques clous ont été fondus, et la foudre, en suivant un de ces clous, s'est livré un passage au travers de la chaussure, de la dimension d'un tuyau de plume. Le soulier a été mis en pièces : il en a été de même de tous les habits, à l'exception de la chemise, tout le long du côté droit. On a trouvé sous le pied droit de l'enfant, à la base du gros orteil, entre la première phalange et le métatarse, une plaie noire légèrement sanguinolente, offrant une cavité dans les chairs comme la blessure d'un trait à balle. La peau de toute la partie droite, depuis le pied jusqu'à l'extrémité du bras, la tête exceptée, a été noircie, sans laisser d'autre trace sur la chemise que quelques petits points noirs, à peine perceptibles. Les cheveux n'ont éprouvé aucune altération, et les membres ont conservé leur souplesse.

Le plancher de la pièce où s'est passé cette scène de désolation a été percé sur deux points. La foudre, en arrivant dans l'atelier, a frappé le garçon ouvrier, qui en ce moment fermait la fenêtre. Le jeune homme tenait la main à l'espagnolette, lorsque le terrible élément a parcouru cette baguette de fer, et lui a fait éprouver au bras gauche et à la poitrine une forte commotion, qui l'a étendu roide à trois pas de sa place, privé de tout sentiment. Quand il est sorti de son état léthargique, il s'est trouvé derrière l'établi d'un tour, sans pouvoir assurer s'il avait passé par-dessus ou par-dessous ce banc. Son bras a conservé un fourmillement qui a duré trois quarts d'heure, et il s'est ressenti longtemps de cette décharge. L'ouvrier ignorait ce qui s'était passé dans la maison, et ne se doutait pas que la foudre y fût tombée. Il avait vu cependant dans l'atelier un globe enflammé, semblable à la lune lorsqu'elle est rouge; mais

il était persuadé que c'était l'effet d'un coup de feu qu'on lui avait tiré. Tout troublé, il s'est réfugié dans une maison du voisinage, où il s'est évanoui. C'est là qu'on lui a appris qu'il avait été foudroyé (1).

En pénétrant dans l'atelier, le feu du ciel a éclaté à l'extrémité supérieure de l'espagnolette que le jeune homme tenait à la main, a arraché la gâche dans laquelle elle était engagée, et a démoli le plâtrage du linteau de la fenêtre. Par l'extrémité inférieure, le jet fulminant a fait explosion sur un grillage de fil d'archal, qu'il a fondu en cet endroit, a suivi le râtelier des outils, et s'est porté sur des tas de fers qui se trouvaient sur la même ligne. Sur l'autre face latérale de cette pièce, la foudre, après avoir aussi percé le plancher, a envahi une bascule, a fracassé le mur dans lequel cet instrument était implanté, et a parcouru une grande quantité de fers sur son passage. Toutes les pièces en contact ont été noircies en cet endroit, et offraient au milieu de cette auréole noire une tache argentine de fer fondu. Les limes, les burins, etc., qui étaient suspendus au râtelier le long de la muraille, ont été soudés par la virole de fer de leur manche aux clous où ils touchaient, de manière à ne pouvoir être arrachés sans effort. Une virole de laiton a été fondue dans toute son épaisseur.

Enfin, la façade de l'édifice porte aussi les marques de l'élément dévastateur. Le mur est percé sous l'avant-toit et sur les points où le météore a suivi les gonds pour pénétrer dans les appartements. A l'extérieur, le crépi a été sillonné et emporté en deux ou trois endroits. Sur un autre point, le mur offre une empreinte noire d'explosion, semblable à la décharge d'une arme à feu. La plaque même du *Phénix* n'a pas été respectée, la foudre l'a parcourue et a

(1) L'idée d'un coup de feu a été commune aux autres personnes qui se trouvaient dans la maison, au point que le père de l'enfant a cru un moment voir l'assassin de son fils.

éclaté dans le mur, en suivant les deux pattes qui servaient à la retenir.

Pendant que la foudre exerçait ses ravages sur cet édifice, un globe de feu, d'environ 20 centimètres de diamètre, est tombé sur le pavé de la rue, et a filé ensuite sous la forme d'une barre enflammée. D'autres sillons semblables ont parcouru ce quartier. Plusieurs personnes qui s'étaient retirées dans des boutiques, ou qui se tenaient aux fenêtres ont été plus ou moins influencées. Un boucher a été frappé aux extrémités inférieures, dans l'intérieur de son logement, et a gardé plusieurs jours autour de chaque jambe une contusion, semblable à la trace d'un coup de fouet. Une femme a éprouvé une commotion au pied, qui l'a privée de l'usage de ce membre pendant quelques jours. D'autres personnes ont ressenti l'effet aux genoux, aux coudes, aux tempes; plusieurs ont été renversées. Un berger, qui se mouchait dans la rue, a eu son mouchoir emporté, et n'a pu découvrir ce qu'il est devenu. Un petit chien, portant un collier de métal, qui se tenait aux pieds de son maître sur une porte, a poussé un cri de souffrance et a disparu; mais on l'a retrouvé depuis. Un pourceau, enfermé dans une maison attenante à celle où la foudre est tombée, a été tué sur le coup : cet animal portait aussi un collier de fer. Enfin, des traînées de feu ont circulé dans quelques habitations du voisinage, et dans une de ces maisons une étincelle a éclaté à côté d'un tableau, et a rayonné en petites bluettes.

OBSERVATIONS PHYSIQUES SUR L'ÉLECTRICITÉ ET SUR LE MAGNÉTISME ENGENDRÉS PAR LA FOUDRE.

Pour donner à ce Mémoire un nouveau degré d'intérêt sous le rapport de la science, je dois communiquer les observations que ce cas de foudre m'a fournies. Je n'ignore point que je m'impose une tâche difficile; mais, animé du désir de transmettre aux savants des notes qui

peuvent leur être de quelque utilité, j'essayerai d'exposer, aussi méthodiquement qu'il me sera possible, mes annotations. Je distribuerai les faits en deux catégories naturelles : dans la première je parlerai des phénomènes produits par le fluide électrique de la foudre, et dans la seconde je développerai les effets curieux du fluide magnétique de ce météore. La Société, je l'espère, me tiendra compte de ma bonne volonté.

FLUIDE ÉLECTRIQUE DE LA FOUDRE.

La foudre s'est échappée de la nue sous la forme d'un seul jet, et s'est précipitée sur l'édifice dans la direction de l'ouest à l'est.

Parmi les nombreux phénomènes qui se sont opérés dans l'événement tragique qui fait le sujet de cette dissertation, le premier que je dois mentionner est la forme et la direction qu'a prises la foudre en sortant de la nue. D'après le rapport des témoins oculaires, la foudre s'est dirigée vers l'édifice qui faisait face au sud-ouest, en forme de barre de feu ou de sillon enflammé, dans la direction de l'ouest à l'est. Parvenu au faîte de la maison, le météore a frappé le style d'un cadran solaire scellé au tuyau de la cheminée, comme nous l'avons dit, a démoli un angle de ce tuyau et s'est précipité avec grand fracas sur la partie du toit correspondante, où il a bouleversé et brisé les tuiles dans une étendue de 3 mètres en carré, en éclatant, à ce qu'il paraît, sur les clous de la charpente. Sur un autre point, le météore a suivi un tuyau de conduite de zinc, long de 13 décimètres, et a percé et brisé la gouttière de terre cuite à laquelle il était adapté.

Dans l'énorme explosion produite sur la toiture de l'édifice, le sillon enflammé s'est divisé en plusieurs rameaux.

La foudre s'étant divisée en plusieurs branches lors-

qu'elle a éclaté sur l'édifice, deux de ses rameaux ont suivi parallèlement, en descendant, les fers des deux fenêtres de chaque étage jusqu'au premier inclusivement, où ils ont percé le plancher sur deux points pour arriver aux fers de l'atelier et se perdre dans la terre. D'autres rameaux de foudre, partis du toit, ont produit probablement les traînées noires et les sillons profonds de la façade de l'édifice, ainsi que les explosions de la plaque du *Phénix*. Ce qui porte à le croire, c'est que les traces qui se voient sur le crépi du mur, sont écartées des chemins suivis par les deux premiers rameaux : c'est qu'un globe enflammé est tombé sur le pavé de la rue; c'est que d'autres jets ont circulé dans les maisons voisines; c'est, enfin, qu'un pourceau, enfermé dans une étable contiguë à l'édifice foudroyé, a été tué roide par un rameau de foudre qui, selon toutes les apparences, était distinct des deux qui ont pénétré dans l'édifice.

Les deux rameaux de foudre qui ont parcouru l'édifice se sont subdivisés plusieurs fois.

Je dois consigner ici une observation que le fluide de la foudre m'a fournie dans son mode de ramification. Quoique les deux rameaux, en suivant les fenêtres des étages supérieurs, se soient subdivisés en plusieurs jets ou étincelles, pour atteindre des clous et de petits fers qui se trouvaient à peu de distance de leur passage, cependant ils n'ont pénétré dans le premier étage, dont les vitrages étaient fermés, qu'en perçant le mur sur deux points, à la faveur de deux gonds. Arrivés là, les deux rameaux se sont subdivisés de nouveau pour parcourir des ustensiles de cuisine, des couvercles en poterie, des couverts de table, etc., et, malgré cela, ils n'ont percé le plancher encore cette fois que sur deux points pour pénétrer dans l'atelier. Les effluves de la foudre, après s'être éparpillées, se seraient-elles réunies en rameaux? Auraient-elles suivi successivement les *mêmes*

chemins ? Se seraient-elles perdues avant d'arriver au sol ?

La foudre, en traversant l'espace, a envahi de préférence, toutes circonstances égales, les tiges de fer les plus longues et d'un plus fort calibre.

A partir du toit, les barres de fer les plus longues, au troisième étage, étaient celles qui faisaient partie des balustrades des deux balcons. En ce moment, les volets placés en dehors des balcons se trouvaient fermés sur une croisée et entr'ouverts sur l'autre; à celle-ci, la foudre a négligé les pentures, les gonds et les autres ferrures des volets, pour se précipiter sur les barreaux du balcon; le jet a éclaté aux deux extrémités de la main-coulante scellée dans le mur, en dispersant au loin la maçonnerie, et a arraché deux crochets implantés à quelques centimètres de distance. A l'autre croisée, qui était fermée, la foudre a brisé les volets pour arriver au balcon. C'est en éclatant sur la pointe de quelques clous, et en s'échappant par le milieu de leur tige dans les interstices des planches, que la foudre a mis les volets en pièces et en a renvoyé les éclats au milieu de l'appartement; les clous rivés ont emporté des fragments de bois ou ont cassé plutôt que de se redresser. Ici, une extrémité de la main-coulante du balcon, ainsi qu'un crochet et un gond qui en étaient rapprochés, a été arrachée de la maçonnerie; les autres ferrures des volets ont été épargnées.

Aux croisées du second étage, qui étaient fermées, la foudre a éclaté aux extrémités des deux espagnolettes : c'étaient les fers les plus longs qui se trouvaient sur ces fenêtres. Le jet, en suivant ces tiges, s'est bifurqué plusieurs fois pour frapper des clous éloignés de 3 à 4 centimètres. Les gonds et les pentures ont été encore cette fois à l'abri de la foudre.

Au premier étage, où les châssis étaient fermés, et où il n'y avait point d'espagnolettes, la foudre a pénétré dans l'appartement par un gond de chaque fenêtre, et précisé-

ment par celui qui correspondait à des fers placés tout près dans l'intérieur. Enfin, lorsque les deux rameaux de foudre ont percé le plancher pour arriver aux fers de l'atelier, c'est aussi vis-à-vis les pièces qui offraient un plus long trajet qu'ils se sont ouvert un passage : la bascule d'un côté, et une grande espagnolette de l'autre. Dans l'atelier, les choses se sont passées de la même manière.

Quelquefois la foudre n'a suivi qu'une partie d'une tige.

Cette irrégularité dans la marche de la foudre s'est présentée d'une manière bien visible sur les pièces implantées dans la bâtisse. De ce nombre sont l'aiguille du cadran, la tringle qui portait les couvercles en poterie, la main-coulante d'un balcon et l'arc de la bascule. La foudre a suivi les deux premières de ces pièces sans éclater dans le mur, et n'a arraché les deux dernières que par l'une de leurs extrémités. La même marche s'est reproduite souvent, comme nous allons le voir.

La foudre, en parcourant des tiges métalliques, a abandonné entièrement la tige principale pour suivre d'autres pièces placées latéralement à quelques centimètres de distance, lorsque ces pièces offraient un plus long trajet par leur dimension, ou par leur disposition en file.

On trouve un grand nombre d'exemples de cette direction de la foudre, lorsqu'on visite les fers de l'atelier; je ne parlerai que de ceux qui se voient entre des tiges fixées et à l'abri de déplacement, comme offrant plus de garanties d'authenticité. Dans cette catégorie se trouvent :

1°. L'espagnolette de la fenêtre de l'atelier. On remarque sur cette tige, outre l'explosion produite à l'extrémité supérieure, une étincelle éclatée à 25 centimètres de l'extrémité inférieure, d'où le jet fulminant s'est élancé tout entier sur un grillage de fil d'archal, placé à 2 centimètres de distance. La foudre a éclaté sur une des tringles de l'en-

cadrement du grillage, et a fondu complétement une maille du réseau, dont le fil avait 2 millimètres de diamètre. Après avoir suivi les baguettes de ce grillage, la foudre a envahi le râtelier.

2°. Le râtelier où les outils étaient suspendus. Ce râtelier se composait d'une tringle de bois fixée au mur, le long de laquelle étaient fichés une centaine de clous; entre ces clous étaient suspendus les burins, les limes, les scies à manche, etc.; ces outils touchaient aux clous par la virole métallique de leur manche, de telle manière que l'ensemble du râtelier offrait une file de petits fers en contact. Cela posé, il est facile de concevoir que le rameau de foudre, qui a suivi cette file, aura éclaté et produit des étincelles sur tous les points où les petits fers se touchaient. Mais ce que je dois faire remarquer, c'est que le rameau n'a point abandonné la file pour se jeter sur les outils suspendus isolément, et qu'il n'a pas même éclaté aux extrémités des clous qui les portaient, tandis qu'il a passé tout entier sur de longs barreaux interposés entre le râtelier et des tas de ferrailles déposées à terre.

La foudre, en entrant dans une pièce de métal ou en s'en échappant, sans le secours immédiat d'un autre métal, a produit des étincelles moins développées et moins visibles que lorsqu'elle a éclaté entre deux métaux.

Nous avons déjà dit que l'aiguille du cadran n'offrait qu'un léger sillon de fusion; je n'ai pas trouvé non plus les étincelles d'entrée produites sur les balcons, sur les crochets et sur l'arc de la bascule, qui cependant ont été suivis par un fort rameau de foudre, puisqu'ils ont été arrachés du mur; et ce n'a été que par un examen minutieux que je suis parvenu à découvrir les traces, peu visibles, de l'invasion de la foudre sur le garde-feu à l'aide duquel le jeune garçon a été foudroyé.

Il en a été de même des étincelles produites par la foudre en s'échappant d'un métal; elles ont été moins apparentes que celles qui ont éclaté entre deux pièces en contact. L'exemple que je vais rapporter le démontrera évidemment. Une demi-douzaine de pitons, enfilés dans un anneau de fil de fer de 1 millimètre d'épaisseur, et suspendus à un clou, ayant été suivis par un rameau de foudre, il est arrivé que l'anneau et le clou ont été partiellement fondus, soudés et noircis; qu'un piton, qui se trouvait au bout de la file, et la partie de l'anneau sur laquelle il reposait ont été noircis, fondus, enchâssés ensemble et fortement soudés; que les autres pitons ont été frappés de la même manière, moins la soudure; tandis que la foudre, en s'échappant dans l'espace par les pointes de tous les pitons, n'a laissé que des traces peu sensibles, quoique très-intenses, de fusion et de fumée.

Mais, comme dans cet exemple on pourrait attribuer le peu d'apparence des traces de la foudre à ce que le rameau s'était subdivisé en plusieurs petits jets, je citerai deux autres faits qui seront à l'abri de toute objection. Lorsque les deux rameaux de foudre ont suivi les espagnolettes du second étage, la foudre, en s'échappant par les extrémités inférieures, a éclaté sur les volets, les a noircis, les a brisés, et cependant les étincelles produites aux extrémités des espagnolettes étaient peu visibles.

Lorsqu'une étincelle a éclaté entre deux métaux en contact, loin de les repousser, les choses se sont passées probablement comme si les deux métaux s'étaient attirés mutuellement.

Tant que ce phénomène d'attraction des métaux par l'étincelle ne s'est présenté que sur des fers qui pesaient l'un sur l'autre, ou sur des rouleaux de fil d'archal trempé, dont les contours faisaient ressort entre eux, j'ai attribué les empreintes, les enchâssures, les soudures des fers qui ont

accompagné les explosions, à la pression exercée par la pesanteur ou l'élasticité des fers au moment de la fusion. Mais un fait spécial est venu réveiller mon attention. Lorsque la foudre a suivi le râtelier des outils, il s'y trouvait un petit crochet, suspendu librement à côté d'une lime, à laquelle il ne touchait que très-légèrement par son extrémité inférieure; le jet fulminant, en suivant ce crochet, a éclaté sur la lime, et la pression des deux pièces a été telle, que l'empreinte de l'extrémité du crochet est restée gravée sur la lime.

Dès ce moment j'ai cru devoir attribuer les empreintes occasionnées par le contact des fers pendant l'explosion, à une autre cause que celle de la compression exercée par la pesanteur ou l'élasticité.

Plusieurs faits de ce genre, presque tout aussi évidents, sont arrivés dans l'atelier. J'en citerai quelques-uns qui pourront ajouter un nouveau degré de probabilité à cette thèse. Un rouleau de fil de fer recuit, de 1 millimètre d'épaisseur, ayant été suivi par un rameau de foudre, les fils qui se touchaient ou qui se croisaient sur plusieurs points se sont trouvés enchâssés l'un dans l'autre d'un demi-diamètre chacun, et le plus souvent ont été soudés. Bien plus, un des contours du rouleau, qui était écarté des autres et qui touchait légèrement à un clou placé tout près, s'y est enchâssé et soudé fortement. Or ces fils recuits étant à peu près dépourvus d'élasticité, comment se seraient-ils pressés et enchâssés, si la décharge du fluide de la foudre n'avait occasionné cette attraction?

Le fait que je vais mentionner jettera, je l'espère, un plus grand jour sur cette question. Deux tiges de laiton cylindriques, de 4 centimètres de longueur sur 4 millimètres de diamètre, se trouvaient placées sur un plan horizontal; je suppose que les deux tiges étaient juxtaposées dans le sens de leur longueur. Eh bien, lorsque la foudre a éclaté entre les deux, elle y a formé des empreintes allongées et

aplaties, qui indiquent que les deux pièces ont été pressées ensemble au moment de la fusion. Mais cette compression, on ne peut l'attribuer raisonnablement à l'appui des tiges entre elles, puisque, comme l'on sait, des cylindres très-petits, couchés sur un plan horizontal, ne peuvent exercer l'un sur l'autre qu'une bien légère pression, dépendante d'un défaut de fabrication ou des aspérités du plan sur lequel ils reposent.

En m'appliquant à établir la probabilité de cette thèse sur des faits bien constatés, j'ai prouvé à fortiori que la foudre, en éclatant entre deux métaux, ne les a pas chassés par la fulmination; car, pour si faible qu'eût été la répulsion dans ce cas, les deux petits cylindres auraient été trouvés écartés l'un de l'autre, et cela n'est point arrivé évidemment.

Une preuve non moins forte de ce défaut de répulsion, c'est que des plaques de fer et de laiton, épaisses de $\frac{1}{2}$ à 2 millimètres, ont été frappées et fondues, quelques-unes même dans toute leur épaisseur, sans production de tubérosités à leur surface postérieure, quoique ces pièces fussent assujetties.

Enfin, à tous ces faits j'ajouterai encore celui-ci : la foudre, en éclatant sur les fers implantés dans le mur, a arraché le ciment et l'a réduit en poussière, tandis que ces fers, bien que mis à nu, sont restés en place.

La foudre a déposé sur les corps qu'elle a suivis ou frappés, des matières pulvérulentes volatilisées par le feu, et probablement la foudre charriait ces matières.

Je puis citer, à l'appui de ce qu'on vient de lire, les traînées d'une matière pulvérulente, noire ou jaunâtre selon l'épaisseur des couches, que la foudre a déposée sur des corps, sans les brûler; telles sont cinq traînées noires produites sur les murailles sans explosion, et la large bande enfumée qui se voyait sur la peau de l'enfant, depuis le pied

jusqu'à l'extrémité supérieure du bras, occasionnée par le passage du météore (1).

Les étincelles fulminantes, en éclatant entre deux métaux, ont transporté des parties fondues d'un métal sur l'autre.

Quant aux parties métalliques que la foudre a transportées d'un métal sur un autre, elles n'ont pu être bien reconnues, même sous la loupe, que lorsque les deux métaux étaient d'espèce différente, et ce cas a été rare. Voici les observations que j'ai pu recueillir sur ce phénomène. La foudre a éclaté cinq fois entre le fer doux et le laiton, et toutes les fois le fer a été transporté sur le laiton, et jamais le laiton sur le fer. Je dois dire cependant que cette remarque n'a été faite que quelques jours après la chute du météore. Les étincelles produites sur le laiton avaient un éclat blanc-argentin; mais il fallait que les couches de fer fondu fussent bien légères, puisqu'elles se sont volatilisées et ont disparu dans quelques semaines.

Ce phénomène de transport par la fulmination s'étant opéré, dans tous les cas que j'ai vérifiés, entre deux métaux en contact, je ne puis affirmer ni nier si un jet de foudre, qui s'échapperait d'un métal et traverserait l'air pour éclater sur un autre, charrierait des particules fondues du premier pour les communiquer au second. Mais ce que je puis prouver par un fait passé sous mes yeux, c'est qu'un jet de foudre, émané d'une tige de fer doux et s'élançant sur une pièce de laiton à peu près en contact, a produit sur le laiton une étincelle légèrement argentine, et qu'au sortir

(1) A ce sujet, je dois faire mention d'un fait analogue, que j'emprunte à un autre cas de foudre dont j'ai été pour ainsi dire le témoin. Il y a environ dix-huit ans, le tonnerre tomba à Canet, en pleine campagne, sur un homme qui tomba roide mort; l'éclair, *en sortant de la nue,* avait imprimé tout le long de son corps une traînée noire, quoique la peau ni les habits n'eussent point été brûlés.

de là le même jet n'a pas produit le même effet, en éclatant de nouveau à 2, à 5 et à 10 millimètres de cette étincelle entre ladite pièce de cuivre et d'autres pièces du même métal. Ces étincelles, examinées à la loupe, n'offraient aucun indice de fer fondu (1).

Lorsque la foudre a éclaté sur des outils acérés, elle ne les a point détrempés.

J'ai observé ce fait sur un grand nombre de pièces frappées par des étincelles, et constamment les aciers trempés ont offert la même dureté de trempe qu'ils avaient avant d'être frappés par le jet incandescent. Le feu de la foudre qui a été assez violent pour fondre en un clin d'œil un métal des plus durs que nous connaissions, n'a pas été assez lent

(1) Ce que je puis encore confirmer par un exemple tiré d'un cas de foudre arrivé à Trullas, le 7 juillet 1826, c'est que la foudre, en éclatant sur une pièce d'étain, renvoya des globules de ce métal très-fusible à une distance qui surpassait 25 millimètres.

Ce cas m'a fourni un autre fait surprenant qui mérite d'être rapporté ici. Lorsque la foudre éclata sur la pièce d'étain dont nous venons de parler, une partie de la pièce, de 5 millimètres d'épaisseur, fut liquéfiée; sur l'un des morceaux fondus se voyait et se voit encore une couche jaune, très-mince, d'un éclat métallique assez semblable à la dorure mate des métaux et des boiseries. Cette couche pyriteuse, ineffaçable par le frottement, a 3 centimètres d'étendue moyenne. Jusqu'à ce moment j'ai attribué ce phénomène, tout curieux qu'il est, à un effet de fusion ou de fumée. Outre la partie liquéfiée, la pièce porte deux étincelles remarquables dont nous aurons occasion de parler.

Il convient de dire que le jet fulminant, avant de frapper cet ustensile, n'avait suivi aucun métal. La foudre tomba à vingt pas de mon habitation sur un mur, sans y occasionner aucun dommage, passa devant mes fenêtres sous la forme d'une barre de feu, s'introduisit dans une maison du voisinage dont les vitrages étaient ouverts, et alla frapper l'ustensile en question, en incendiant le linge qui l'enveloppait. Après cela, le météore pénétra dans l'étage supérieur par une fissure du plafond, sans y laisser presque de trace, perça de plusieurs petits trous une carafe d'étain, fondit superficiellement les vis de fer d'un compas d'arpentage, produisit sur le mur un profond sillon, et se perdit en traversant un grenier à foin d'une maison située vis-à-vis, sans y mettre le feu. La foudre laissa après son passage une odeur sulfureuse très-remarquable.

dans sa marche pour donner aux parties les plus voisines des étincelles le temps de s'échauffer.

Ce fait extraordinaire est d'autant plus remarquable, qu'il s'est reproduit sur un petit cylindre d'acier trempé, de 3 millimètres de diamètre et de 6 centimètres de longueur, et sur une lame d'acier aussi trempée, épaisse de $\frac{1}{2}$ millimètre, large de 2 centimètres et longue de 20, quoique les étincelles de cette dernière pièce aient, non-seulement fondu, mais encore brûlé le métal.

La foudre, en éclatant entre des corps non métalliques par l'entremise d'un métal, a fait des ravages plus considérables que lorsqu'elle les a pénétrés par un jet libre.

Je pourrais citer plusieurs faits dans lesquels la foudre a occasionné de grands dégâts dans les murs, en suivant les fers qui s'y trouvaient implantés; mais je me bornerai aux cas arrivés dans la cuisine, comme offrant des différences plus sensibles de fulminations libres, et de fulminations à la faveur de métaux. Les deux rameaux de foudre qui ont pénétré dans cette pièce, à l'aide de deux gonds, ont éclaté aux extrémités des gonds scellés dans le mur, et ont dispersé la maçonnerie dans tous les sens. L'un des deux rameaux a fait encore des ravages plus considérables, en suivant une marmite de fer suspendue au mur de support de l'évier; la foudre, en s'échappant par la pointe du gros clou qui portait cet ustensile, a fait sauter un pan de mur et la pierre de l'évier.

Il n'en a pas été de même des fulminations produites sans l'entremise des métaux; les rameaux de foudre ont percé le plancher sur deux points pour pénétrer dans l'atelier; sur l'un, la foudre s'est livré un passage d'environ 7 centimètres de longueur sur 3 millimètres de largeur, à travers les interstices des briques, sans les briser, sans les soulever; sur l'autre point, il n'existait qu'une petite fissure entre le carrelage et la muraille; les briques étaient à peine noircies.

Je ne dois pas me dissimuler que, dans certains cas, le jet de foudre libre a produit quelques dégâts sur les murs; c'est peut-être lorsqu'il les a frappés obliquement en sillonnant leur surface. Il en existe un exemple sur la façade de l'édifice; le sillon tracé sur le mur est long de 1 à 2 mètres, large de 6 à 7 centimètres, et profond, au centre, de 3 centimètres; mais, non loin de là, on voit un autre exemple d'explosion libre où la foudre n'a point enlevé le crépi du mur, quoique la décharge ait été forte, à en juger par les traces. Le disque de l'explosion, d'un noir brunâtre, a de 20 à 25 centimètres de diamètre. Cette fois, le jet est tombé à angle droit sur le plan du mur.

Les explosions produites par l'entremise d'un métal sur des corps combustibles, quoique plus fortes, vraisemblablement, que celles qui ont été produites par un jet de foudre libre, n'ont point incendié ces corps.

Plusieurs phénomènes remarquables se sont passés dans les explosions opérées sur des corps combustibles, tels que le bois, le cuir, les étoffes et le linge. Une forte décharge de foudre a mis les volets d'une fenêtre en éclats, et cependant le feu ne s'est point communiqué au bois; les écharpes étaient seulement noircies et fendillées sur les points où les clous ont été partiellement fondus. Une autre explosion produite sur un volet offrait une tache de fumée circulaire de 8 centimètres de diamètre; la peinture à l'huile était gercée et comme brûlée, mais le bois n'a pas été sensiblement altéré. Cette explosion, produite sans l'entremise d'aucun métal, a été moins intense. D'autres empreintes se voyaient sur les parties des volets qui correspondent aux extrémités des espagnolettes où la foudre a éclaté à son entrée et à sa sortie; là, la violence de l'étincelle a emporté des fragments de bois, a noirci les volets, sans cependant les réduire en charbon.

J'ai dit que les explosions opérées à l'aide d'un métal ont

été plus fortes; voici néanmoins deux exemples où l'on dirait que cette observation se trouve en défaut. Lorsque la foudre a parcouru les couverts de table déposés dans un panier d'osier, le panier n'a pas été incendié ni même noirci; aucun indice du passage du météore ne s'est trouvé non plus sur le bois d'un tiroir dans lequel une quantité d'outils ont été foudroyés. C'est que, dans ces deux cas, la matière fulminante, qui s'était divisée en plusieurs petits jets, a toujours éclaté entre des métaux.

Un autre fait qui se rattache à ce paragraphe est celui de la décharge produite sur l'enfant. La foudre, en éclatant entre le barreau et les clous du soulier, a mis la chaussure en pièces, le cuir a été noirci, racorni, mais non embrasé; les habits ont été déchirés par le passage du jet fulminant, et, malgré cela, ils ne portaient aucune trace ni de combustion ni de fumée; les œillets même du laiton attachés sur la ceinture du pantalon n'ont pas été atteints.

La foudre a suivi ordinairement les surfaces des murailles.

Dans tout son trajet, la foudre n'a quitté les fers du mur de face pour pénétrer dans les appartements que lorsqu'elle a trouvé de nouveaux métaux à parcourir, et, dans ce cas même, elle ne s'est éloignée des surfaces des murs que de 1 mètre au plus. Cette marche a été observée au premier étage, où le jet, en s'élançant d'un gond pour arriver à une tringle de fer, a suivi le mur, bien que son chemin le plus court fût de traverser l'espace. Ce fait est constaté par un sillon de fumée, tracé sur la muraille, d'environ 50 centimètres de longueur sur 3 de largeur. L'atelier a fourni des exemples plus nombreux de cette tendance pour les parois des murs; la foudre a suivi de préférence les fers placés sur les trois faces des murailles, et a négligé les métaux qui s'en trouvaient écartés, tels qu'une horloge montée de toutes ses pièces et quelques gros outils, isolés tous au milieu de l'atelier, et des rouages suspendus au plafond.

La foudre n'a point produit d'odeur sulfureuse appréciable dans l'édifice foudroyé; mais elle a occasionné une forte humidité accompagnée d'une épaisse vapeur, dans la pièce fermée.

Si la foudre avait laissé, après son passage, une odeur de soufre, de gaz nitreux, ou toute autre odeur extraordinaire, elle se serait manifestée particulièrement dans les appartements où le météore s'est développé d'une manière très-étendue, et plus spécialement encore dans la pièce fermée, de 6 mètres en carré, où l'enfant a été frappé par la foudre, et cette odeur se serait maintenue assez de temps pour être remarquée par les personnes qui sont accourues pour donner du secours; or, ni celles-ci, ni l'ouvrier qui était dans l'atelier, ni les parents de l'enfant qui se trouvaient auprès de lui quand il a été foudroyé, n'ont reconnu cette odeur sulfureuse; moi-même, qui étais sur les lieux quelques moments après le sinistre, je n'ai pu la distinguer, même sur les objets frappés par la foudre, ni sur les habits de l'enfant. Néanmoins je dois ajouter que plusieurs personnes du voisinage ont cru remarquer, après le passage du météore, une odeur sulfureuse momentanée. Il résulte de ces dépositions que, si une odeur quelconque a été produite par la foudre, elle aura été légère et fugitive.

Quant à la forte humidité et à l'épaisse vapeur, développées par les explosions dans l'appartement fermé, toutes les personnes qui s'y trouvaient rendent le même témoignage.

La foudre a marché avec une rapidité incommensurable, et ses dernières explosions ont été aussi intenses que les premières.

Quelque bien connue que soit la rapidité de la foudre, celle qui a eu lieu dans le cas qui nous occupe mérite d'être mentionnée. Supposons, en effet, que cinq cents étincelles ou explosions aient été produites, les unes consécutivement, les autres simultanément, sur des points plus ou moins éloi-

gnés entre eux, depuis le toit jusqu'au sol de l'édifice. Si nous raisonnons d'après cette hypothèse, très-vraie d'ailleurs, nous trouverons qu'il s'est écoulé réellement un temps, appréciable par la pensée, entre les détonations consécutives, et particulièrement entre celles produites au faîte de la maison et celles du rez-de-chaussée; cependant, à n'en juger que par le témoignage de nos sens, toutes ces explosions ont eu lieu simultanément et ont fait l'effet d'un énorme coup de canon, dont le bruit n'a duré dans la ville qu'une seconde. Ce n'est pas tout; la détonation produite sur l'édifice n'a pas même été distinguée, par le sens de l'ouïe, du coup de tonnerre produit dans les nuages à une certaine distance.

A l'égard de l'intensité des étincelles, il n'y a eu aucune différence entre celles qui ont éclaté dans l'atelier et les étincelles qui ont éclaté au sommet de l'édifice.

La foudre, en quittant les fers de l'atelier déposés au sol, s'est perdue probablement dans la terre.

Je dis que la foudre s'est perdue dans la terre, quoique je n'aie remarqué aucun soulèvement ni aucun trou sur le sol. Cette opinion paraîtra, au premier abord, dénuée de fondement; mais, lorsqu'on réfléchira que la foudre, en suivant les tas de ferrailles, s'était divisée en une infinité de rameaux, on ne sera pas surpris qu'elle se soit disséminée dans la terre humide d'une manière imperceptible. Ce qui est certain, c'est que, dès ce moment, l'élément a cessé de parcourir les fers de l'atelier, quoiqu'il s'en trouvât des monceaux placés à 1 mètre de distance, et dans les mêmes conditions relativement au courant de la foudre.

La foudre, en suivant le corps de l'homme, a réduit probablement en vapeur l'humidité de la peau, avec une force d'expansion dont on peut calculer approximativement l'étendue.

Ce fait a paru dans tout son jour lorsque la foudre, en

sillonnant le corps de l'enfant qui a été la victime du déplorable événement dont il s'agit, s'est trouvée circonscrite entre la peau et les habits. Le dégagement instantané de l'humidité produite par la transpiration a été si violent, lorsque la foudre est passée, que le soulier, le pantalon, le gilet et la veste ont été décousus dans les parties où la couture était faible, et mis en lambeaux sur les points où elle a opposé de la résistance. La chemise cependant n'a pas été déchirée, d'où il résulte que le développement de la vapeur a été très-limité, puisqu'il n'a fait que dépasser l'ampleur des habits sans atteindre celle de la chemise.

Ce qui me porte à recourir à l'action de la vapeur pour expliquer ce phénomène, c'est que, dans un cas qui a beaucoup d'analogie avec celui-ci, le passage de la foudre a produit des effets identiques. Nous avons vu qu'un rameau de foudre a brisé la pierre de l'évier; mais, ce que nous n'avons pas dit, c'est que cet accident a été occasionné vraisemblablement par la réduction en vapeur de l'humidité infiltrée entre la pierre et la maçonnerie, comme le prouvent les fragments de la pierre soulevés et le ciment réduit en poussière. J'avoue que la même force de preuves n'existe point pour les habits dont nous venons de parler; aussi, je me retranche, s'il le faut, sur une autre cause plus simple de cet événement : je veux parler de la prompte dilatation de l'air contenu entre la peau et les habits, par le passage subit du feu du météore.

Les choses se sont passées d'une autre manière, lorsque la foudre a suivi des conducteurs étroitement ceints par des corps secs. L'élément a passé entre les deux, sans produire aucun dégât sur le corps environnant. Entre autres faits de ce genre, je citerai celui-ci : le rameau de foudre qui a traversé le plancher de la cuisine, pour se précipiter sur la bascule de l'atelier, a rencontré sur son passage une tige de fer, dont l'extrémité embrochait un manche de bois. Le rameau, après avoir frappé et fondu la pointe rivée de la tige,

a passé à travers le manche pour suivre ce fer et s'élancer sur la bascule. Qui ne croirait, d'après ce que nous venons de voir au sujet des habits, que le manche de cette tige aura sauté par éclats? Eh bien, le bois n'a éprouvé aucune altération, et n'a pas même été noirci ostensiblement. Sans doute, dans ce cas, il faut tenir compte aussi de la conductibilité du métal.

La foudre, en frappant le corps de l'homme, l'a parcouru probablement dans toutes ses parties internes.

Lorsque la foudre a parcouru le corps humain, à n'en juger que par les traces qu'elle a laissées, on serait porté à croire qu'elle ne l'a sillonné que superficiellement sur une large ligne d'une extrémité du corps à l'autre; mais, si l'on considère la facilité avec laquelle ce fluide se communique aux corps liquides ou fortement humectés, et si l'on réfléchit aux effets internes et cachés qu'il a produits dans ce cas, on pourra supposer avec fondement que la foudre a parcouru le corps de l'homme à l'intérieur.

A l'appui de cette hypothèse se présentent trois faits; et d'abord celui du jeune garçon tué sur le carreau par la foudre. La traînée noire, imprimée le long du corps de cet enfant, ne s'étendait que sur la moitié à peu près de la circonférence de la jambe, à la partie antérieure; parvenue au tronc, la traînée n'a pas dépassé un sixième de la circonférence; le bras n'a été sillonné aussi que sur le long de la face antérieure. Il convient de remarquer qu'aucun signe extérieur n'indiquait que la tête eût été suivie par la foudre, et que cependant l'enfant n'en est pas moins resté mort sur le coup. Où trouver donc la cause d'une mort si prompte? Irons-nous la chercher dans l'explosion produite sur le pied? A la vérité, elle a été bien forte, puisqu'elle a opéré une cavité dans les chairs, et qu'elle a renvoyé le corps de l'enfant à plus de 1 mètre de distance; mais comment une commotion produite à l'extrémité du pied aurait-elle occa-

sionné une mort instantanée? Supposons qu'au lieu d'une grosse étincelle de foudre, une forte décharge d'une arme à feu eût frappé le pied de cet enfant, que serait-il arrivé? Le membre aurait été mutilé, emporté, si l'on veut; mais l'enfant n'aurait pas été tué sur le coup, ni déplacé. Trouverons-nous la cause de cette mort rapide dans la lésion des vaisseaux capillaires de la peau, produite par le passage du sillon enflammé et fulminant? Mais la désorganisation, la destruction même de ces vaisseaux nombreux et variés, qui ne se serait effectuée que sur une partie de la peau, et à la superficie seulement, aurait-elle, je le répète, privé de la vie sur-le-champ? C'est donc aux effets produits par la foudre sur l'organisme interne du corps de cet enfant qu'il faut attribuer cette mort, et probablement à la décomposition des molécules intégrantes du corps humain, combinées dans l'état de vie.

Écoutons la déposition de l'ouvrier frappé par une effluve de foudre, partie du même rameau qui a foudroyé l'enfant dont nous venons de parler. « Au moment, dit-il, où je » tenais la main à l'espagnolette de la fenêtre pour la » fermer, j'ai vu dans l'atelier, du côté de la porte, un » globe de feu semblable à la lune lorsqu'elle est rouge, et » j'ai entendu une détonation (1); au même instant, je me » suis senti frappé d'un coup violent au bras et à la poitrine, » et à peine ai-je conçu l'idée d'un coup de feu tiré sur » moi, que j'ai été privé de tout sentiment. Toutes ces » choses se sont passées instantanément, et, pour ainsi » dire, à la fois, et la pensée du tonnerre ne s'est point » présentée à mon esprit. Lorsque je suis revenu de mon » état léthargique, j'ai ressenti au bras un fourmillement » si fort, qu'il m'a privé de l'usage de ce membre pendant » environ quarante-cinq minutes. Il ne m'est resté aucun

---

(1) Il faut remarquer que ce globe de feu n'était pas produit par le même rameau de foudre qui a frappé l'ouvrier.

» souvenir, ni de la manière dont j'ai été jeté par la foudre
» derrière un établi, à 2 mètres de distance, ni de la se-
» cousse qu'une si rude chute m'a fait éprouver, etc. »

Peut-on s'empêcher de voir, dans ce tableau des effets de la foudre, que le corps de ce jeune homme a été suivi à l'intérieur? Qu'est-ce qui a produit, en effet, cette oblitération des sens, cette inaction des muscles, cette interruption de la circulation du sang, cette stagnation des fonctions intellectuelles, etc., si ce n'est une irritation profonde, une altération dans la combinaison moléculaire des organes, à la tête desquels nous devons placer le système nerveux? De nouveaux faits pourront élucider cette thèse, que je ne donne ici que comme une opinion.

Si nous voulions entrer dans une question de physiologie comparée, nous pourrions encore citer le fait du pourceau, tué sur le coup par un rameau de foudre, qui paraît avoir beaucoup d'analogie avec les deux faits précédents.

La foudre a suivi les corps pour lesquels elle avait plus d'affinité, les métaux par exemple, en épargnant les corps moins conducteurs placés dans les mêmes conditions; le corps de l'homme a été de ce nombre.

Nous avons eu occasion d'observer, dans un bon nombre de cas, que les influences de la foudre sur les corps conducteurs ont été relatives à la grandeur des jets fulminants, au degré d'affinité météorologique dont étaient doués les corps conducteurs, à leur dimension, à la distance où ils se trouvaient par rapport aux courants de la foudre, etc. D'après ces observations, je me permets d'avancer que les personnes épargnées dans cette catastrophe doivent leur salut, non à la distance où elles se trouvaient placées, ni à la matière des habits qu'elles portaient, qui d'ailleurs étaient composés de substances végétales, le lin et le coton, mais bien au degré d'affinité de leur corps pour la foudre, inférieur de beaucoup au degré d'affinité des métaux, qui se rencontraient en grand nombre sur le passage du météore.

La pièce où l'enfant a été foudroyé n'avait que 6 mètres en carré, et les cinq ou six personnes qui l'occupaient n'étaient qu'à peu de distance des courants fulminants ; le père, en particulier, n'en était éloigné que de 1 mètre. Cependant ces personnes n'ont point été frappées, ni même influencées d'une manière sensible ; tandis que l'enfant, qui touchait immédiatement aux tiges de fer que le rameau suivait, a été non-seulement frappé, mais encore emporté par la foudre vers le point où se trouvaient, sous le plancher, d'autres fers à parcourir.

Pour ce qui est des habits composés de corps non conducteurs, tels que la soie, la laine, la toile cirée, etc., auxquels on attribue la vertu d'intercepter l'affinité qu'a la foudre pour le corps de l'homme, quel degré de confiance pourrons-nous leur accorder, après avoir vu les jets fulminants s'ouvrir un passage au travers des volets vernis, au travers des murailles, au travers des planchers, pour aller frapper des métaux qui étaient cachés derrière ?

Lorsque le corps de l'homme a été influencé par la foudre, l'invasion s'est opérée par le membre le plus rapproché du courant fulminant, le coup s'est fait sentir particulièrement aux articulations, et le fluide s'est échappé par l'extrémité du corps qui offrait un plus long trajet.

Nous avons vu que, lorsque des traînées de feu ont parcouru le quartier où est arrivé le sinistre, plusieurs personnes ont été influencées de diverses manières par cet élément. D'après les dépositions que j'ai recueillies et comparées, il paraît que cette anomalie de la foudre, dans son mode d'action, a été subordonnée à la position dans laquelle se trouvaient ces personnes par rapport au courant de la matière fulminante. Ainsi une femme, qui était dans sa maison et qui tenait le bras levé horizontalement vers la fenêtre lorsque le jet enflammé est passé, a éprouvé sur la main la sensation d'un petit coup ; un homme, qui se tenait appuyé contre un mur, et dont les extrémités inférieures se

trouvaient plus avancées que le reste du corps, a été frappé aux jambes par le sillon qui rasait la terre, etc.

Selon le rapport unanime des personnes influencées, les effets de la foudre se sont fait ressentir particulièrement aux articulations. Ce fluide aurait-il suivi à l'égard des os la même marche qu'il a suivie à l'égard des métaux, en éclatant à leur point de contact?

J'ai dit que la foudre s'est échappée par le membre qui offrait un plus long trajet, quoique je n'aie qu'un seul exemple bien évident à citer en faveur de ce fait, celui de l'enfant foudroyé. On aura remarqué que le jet incandescent qui a sillonné le corps de cette jeune victime a épargné la tête; cette circonstance, nous devons l'attribuer vraisemblablement à ce que le bras, qui se trouvait appuyé sur la table, offrait à l'élément un plus long chemin à parcourir.

Quant au pourceau tué par ce coup de tonnerre, on n'a découvert sur lui aucun indice extérieur du passage du météore. Il aurait été utile, pour le progrès des sciences, de vérifier si l'on n'aurait pas trouvé sur toute la ligne de la colonne vertébrale de cet animal un filet noir, entre peau et chair, comme on le trouva sur une mule frappée à Vinça, il y a un an.

S'il est vrai, comme les faits semblent le prouver, que la foudre, dans sa marche rapprochée de la terre, perde une partie des substances qui la composent par des émanations et des explosions sur des métaux et sur d'autres corps plus ou moins conducteurs, sans que cette déperdition diminue sensiblement l'intensité du jet fulminant, dans quels réservoirs la foudre puise-t-elle les éléments nécessaires pour réparer ses pertes (1)?

---

(1) En cherchant la solution de cette question, j'ai supposé que le jet enflammé pourrait s'alimenter, en traversant l'atmosphère, de la matière fulminante qui s'y trouve disséminée. Pour découvrir si cette hypothèse était vraisemblable, j'ai fait une expérience que d'autres auront faite avant moi: j'ai électrisé une boule de verre, je l'ai soumise au contact de corps

Étincelles de la foudre.

Quoique nous ayons parlé souvent des étincelles en traitant des effets de la foudre, nous reviendrons sur ce chapitre pour les examiner sous le rapport de leur forme. Les étincelles ont pris des formes différentes selon l'angle de leur chute, selon la nature des corps frappés, selon la puissance du jet fulminant, selon la figure des métaux en contact, etc.; mais nous ne traiterons que des formes qui offrent quelque intérêt sous le rapport de la science. Les tableaux qui suivent en feront connaître les caractères essentiels.

Étincelles produites par le jet fulminant à son entrée dans les tiges de fer, sans le secours d'aucun métal en contact.

Contour: incirconscrit, peu rayonnant, vague, diffus, offrant des globules de fer fondu à 10 ou 12 millimètres de l'étincelle; *diamètre:* 5 à 15 millimètres; *profondeur:* peu sensible; *surface:* tubercules et tubérosités produites par la fusion du métal; *couleur:* d'un noir luisant, ineffaçable, sur les pointes des tiges de 2 à 3 millimètres de diamètre, et d'un blanc argentin, luisant, sur les tiges d'un plus fort calibre, avec quelques tubercules irisés dans ce dernier cas; *traînée de fumée:* légère, vague, confuse, accompagnée souvent, sur les petites tiges, d'un brun bleuâtre ou irisé, persistant, s'étendant quelquefois à 20 millimètres au delà de l'étincelle.

---

bons conducteurs et au contact de la flamme d'une bougie, et j'ai trouvé que la boule ne se déchargeait qu'insensiblement, et après plusieurs contacts, sur les corps bons conducteurs; tandis qu'un seul contact, et même le simple rapprochement de la flamme de la bougie à quelques centimètres de distance, produisait la décharge ou la disparition complète et instantanée de l'électricité accumulée sur la boule de verre. Il faut convenir, cependant, que pour arriver de là à la démonstration que le feu du météore est alimenté continuellement par la matière de la foudre disséminée dans l'air atmosphérique qu'il traverse, il y a du chemin à faire. Mais, ce fait une fois prouvé, il faudrait admettre qu'un globe de feu météorologique pût être entretenu en activité par un mécanisme d'affluence et d'effluence.

Étincelles produites par le jet fulminant à sa sortie des tiges de fer, sans le secours d'aucun métal en contact.

La même description que la précédente sur tous les points, excepté le *contour*, qui n'était point rayonnant, la profondeur, qui était nulle, et la surface, qui avait ses tubercules plus rapprochés.

Étincelles produites par le jet fulminant à son entrée et à sa sortie par le même point d'une tige de fer, à l'aide d'autres fers rapprochés, mais non en contact.

Ces étincelles m'ont paru réunir, sous une forme allongée, les caractères contenus dans les deux descriptions précédentes, moins la large traînée bleuâtre.

Étincelles produites par le jet fulminant sur les tiges de fer, avec le concours d'un autre fer en contact ou très-rapproché.

Contour : circulaire, ovale, anguleux, toujours rayonnant et diffus; *diamètre :* de 1 à 15 millimètres; *profondeur :* de $\frac{1}{2}$ millimètre à 4 millimètres; *surface :* ondée, tuberculeuse; *couleur :* blanc argentin très-brillant, offrant souvent des tubercules de fer brûlé, ou d'une matière comme vitreuse, luisante, noire ou irisée, persistante; *bord :* entouré d'une aréole de fumée, noire ou jaunâtre selon l'épaisseur de la couche, effaçable, d'une largeur une, deux et cinq fois comme le diamètre de l'étincelle; *couleur du métal aux environs de l'étincelle :* tantôt naturelle, tantôt d'un brun irisé ineffaçable, plus étendu que l'aréole de fumée.

Étincelles produites entre deux pièces de fer étamées en contact.

La même description que nous venons de donner, en ajoutant que ces étincelles offraient à leur contour des ondes d'étain liquéfié.

Étincelles produites entre le fer doux et le laiton en contact.

Étincelles sur le fer doux : conformes en tout à la description précédente.

Étincelles sur le laiton : la même description, même pour la *couleur* blanche, qui, selon la marche ordinaire, aurait dû être jaune, conformément à la nature du métal frappé. On doit attribuer cette anomalie à une légère couche de molécules de fer transportées sur le cuivre par l'explosion.

Étincelles produites entre deux pièces de laiton en contact.

Voir la même description encore, avec la différence que, ces étincelles ayant éclaté entre deux pièces de laiton, la *couleur* a été d'un jaune brillant.

J'ai retrouvé sur les étincelles du laiton, des tubercules et des ondes d'une matière comme vitreuse, luisante, noire ou irisée, persistante, la même que j'avais reconnue dans les étincelles produites sur le fer. Est-ce du métal brûlé, non arrivé à l'état de volatilisation et de fumée?

Étincelles produites sur le vernis jaune de poterie grossière, à la faveur d'une tringle de fer en contact.

On sait que le vernis de poterie grossière est un composé de substances métalliques : oxyde de fer, sulfure de plomb, etc.

Contour : circulaire, ovale, diffus; *diamètre :* 3 à 20 millimètres; *profondeur :* aucune cavité, aucun enlèvement de matière; *surface :* alvéolée, gercée; *couleur :* brune, verdâtre, irisée, ineffaçable; *bord :* entouré d'une aréole noire, imprégnée dans la matière, moins large que le diamètre de l'étincelle, et d'une couche supérieure de fumée plus étendue, non persistante; une de ces taches offre deux aréoles noires, l'une dans l'autre, ce qui paraît

indiquer que deux étincelles inégales se sont succédé sur le même point; deux autres étincelles ont formé un sillon chacune, long de 7 centimètres et large de 2; le vernis est gercé sur tous les points de ces sillons. Ces étincelles n'ont point brisé ni même fêlé les pièces en poterie.

Étincelles produites sur des corps non métalliques, à l'aide d'un métal en contact ou rapproché.

Contour : circulaire, ovale, diffus; *diamètre :* 2 à 7 centimètres; *profondeur :* 1 à 2 centimètres; *surface :* plus ou moins fracassée; sur le bois : fendillée, écharpée, comme brûlée; sur une bâtisse : fracture des briques et du ciment; sur le pied de l'enfant foudroyé : blessure semblable à celle d'un trait à balle, profonde de 12 à 15 millimètres, légèrement sanguinolente; *couleur :* noire, imprégnée dans la matière; *bord :* entouré d'une couche de fumée.

Étincelles produites dans les corps non métalliques, à l'aide d'un métal implanté.

Les corps frappés par ces étincelles ont été noircis, mis en pièces et lancés dans tous les sens, quelquefois à 3 et à 4 mètres de distance.

Étincelles ou explosions produites sur des corps non métalliques, sans le secours d'aucun métal.

Contour : circulaire, ovale, diffus; *diamètre :* de toute dimension, jusqu'à celle de 25 centimètres; *profondeur :* peu sensible lorsque le jet est tombé à peu près à angle droit; *surface :* gercée, rugueuse; *couleur :* brune au centre, noire vers la circonférence, imprégnée dans la matière.

Sillons profonds produits sur la bâtisse, sans le secours d'aucun métal.

Longueur : 1 à 2 mètres; *largeur :* 6 à 7 centimètres; *profondeur :* 3 centimètres; *couleur :* enfumée sur les bords.

Traînées de fumée produites sur les corps non métalliques, à l'aide d'une tige de fer en contact ou rapproché.

Largeur : 5 millimètres; *surface :* non altérée; *couleur :* noire, faible, imprégnée dans la matière.

Traînées de fumée produites sur des corps non métalliques, sans le secours d'aucun métal.

Longueur : 50 centimètres à $1^{m},49$; *largeur :* sur les murs, 2 à 3 centimètres; sur le corps de l'enfant, 10 à 20 centimètres, vague; *surface :* non altérée; *couleur :* plus ou moins noire, imprégnée dans la matière.

Les métaux n'ont offert aucune traînée de fumée visible, si j'en excepte les étincelles; mais dans plusieurs cas les petites tiges de 2 à 5 millimètres de diamètre, les clous par exemple, portaient sur toute leur longueur la *couleur* d'un brun irisé, produite par l'ardeur du feu du météore.

Deux étincelles produites sur une pièce d'étain par un jet de foudre, dans l'une en entrant et sortant par le même point sans traverser le métal, dans l'autre en le traversant. Cas de foudre arrivé à Trullas, déjà cité.

Contour : circulaire non rayonnant, non diffus, mais à limbe uni, nettement coupé par la fusion, à rebord légèrement saillant, offrant une bavure sur un point de la circonférence; la bavure porte l'empreinte de petits sillons qu'on peut attribuer au passage du jet : cette petite gerbe de sillons microscopiques se termine en cône tronqué, ce qui fait supposer que le jet, après s'être développé dans le métal, s'est concentré à sa sortie; *diamètre :* 5 et 15 millimètres; *profondeur :* 2 et 5 millimètres; *surface :* non tuberculeuse ni rugueuse, mais lisse et creusée en spirale, comme si le jet avait tourbillonné dans le métal; quatre ou cinq tours de sphère sont très-apparents, particulièrement sur la seconde étincelle où le jet est tombé presque à angle droit, de telle manière que le métal semble avoir été entamé

par une mèche de vilebrequin, dans le sens de gauche à droite en dessus ; *couleur :* toute la surface de l'étincelle recouverte d'une couche épaisse de fumée, disparaissant par le frottement, excepté sur quelques points où le métal est brûlé ; *couleur de l'étincelle cachée par la fumée :* blanc brillant ; *bord :* entouré d'une aréole de fumée deux fois large comme le diamètre de l'étincelle ; *globules du métal fondus :* lancés à plus de 25 millimètres de distance, recouverts de fumée et soudés sur la pièce.

Ces étincelles, tout à fait différentes de celles qui ont été produites dans le cas de foudre arrivé à Ille, méritent d'être étudiées. A Ille, le jet, en éclatant sur le métal sans tourbillonner, s'est échappé sur-le-champ en rayonnant ; à Trullas, le passage de la foudre a été moins instantané, puisque le jet a tourbillonné dans le métal au lieu de rayonner.

On se souvient que, dans ce cas de foudre, le feu se communiqua au linge qui enveloppait la pièce d'étain : personne ne disconviendra que l'inflammation ne se soit opérée par le dégagement prolongé, si je puis m'exprimer ainsi, du jet, en tourbillonnant sur le métal, quoique nous ayons une autre cause plausible de cet embrasement, je veux dire la liquéfaction d'une partie de l'ustensile, du poids de 100 grammes ; mais, d'après ce que nous avons vu à l'article des aciers non détrempés par la foudre, la fusion complète de l'un des bouts de cette pièce, qui n'avait pas moins de 3 centimètres de dimension moyenne, a été occasionnée plutôt par la combustion lente du linge que par le passage subit et limité des étincelles.

Quand on a vu, dans l'exposé des nombreux faits météorologiques que nous venons de parcourir, une suite d'événements si extraordinaires et si impénétrables qu'ils semblent tenir du prodige, on ne peut s'empêcher d'admirer la profondeur des lois qui régissent l'élément de la foudre. Doit-on être surpris après cela que les anciens, qui ne connaissaient le tonnerre que par ses effets imposants et redoutables, aient

attribué à ce météore des pouvoirs surnaturels, ou qu'ils l'aient placé sous l'influence d'un génie malfaisant?

EFFETS MAGNÉTIQUES DE LA FOUDRE.

Aimantation de l'acier et du fer doux par le fluide magnétique de la foudre.

J'arrive enfin à la question de l'aimantation du fer par la foudre. Le tonnerre étant tombé sur un atelier garni de fers au complet, je m'attendais au merveilleux phénomène de l'aimantation; je croyais même trouver dans mes premières visites des outils acérés unis ensemble par des liens invisibles, ou suspendus les uns aux autres par un pouvoir inexplicable; sans me douter en ce moment que je ne pouvais découvrir ces effets étonnants, qu'en dirigeant mes recherches sur les fers qui s'étaient trouvés réunis en masse lorsque la foudre les avait parcourus. Les étincelles brillantes, produites sur le râtelier par le passage du météore, fixaient continuellement mon attention sur ces points; mais j'avais beau soumettre tous ces fers à l'épreuve magnétique, j'avais beau lancer mon hameçon, je ne faisais aucune capture.

Tout désappointé, je rentre dans mon cabinet et je travaille à la rédaction d'une Notice sur cette visite, dans laquelle je ne fais pas faute d'exprimer le regret qui me reste de n'avoir pu rencontrer un seul acier aimanté par le jet fulminant; un seul acier qui me fournît l'occasion de comparer la théorie de l'aimantation par la foudre à la théorie de l'aimantation par le courant électrique, donnée par M. Arago; j'attribue cette lacune à ce que probablement aucun des fers visités ne s'était trouvé, au moment du passage de la foudre, dans les conditions indiquées par ce savant.

Je ne pouvais cependant me résoudre à croire à la possibilité d'une pareille anomalie, dans un cas de tonnerre si riche en phénomènes. Je visitai donc de nouveau le trop

intéressant atelier, et, en poursuivant minutieusement mes recherches, je trouvai dans un tiroir déposé au sol, de vieux outils que la foudre avait suivis. Combien grand fut mon empressement pour les examiner ! Mes prévisions se réalisèrent : je découvris parmi ces outils plusieurs aciers et même des fers doux très-bien aimantés, dont quelques-uns lèvent de gros clous, de petites clefs, etc.; j'en trouvai même, mais un ou deux seulement, qui portent trois fois leur poids.

Après un tel succès, je ne pouvais quitter ce nouveau laboratoire de physique, où l'électricité et le magnétisme venaient de jouer un rôle si imposant, sans avoir reconnu tous les foyers d'aimantation qu'il pouvait renfermer. Je me décidai donc à explorer des monceaux de vieux fers déposés à terre, que j'avais négligés dans mes visites antérieures. Ma peine fut récompensée : je trouvai là des faits de magnétisme non moins surprenants ; des morceaux d'acier et de fer doux, des lambeaux de faux de toutes les dimensions étaient fortement aimantés, quoique quelques-uns de ces aimants fussent couverts de rouille, au point de se briser entre les doigts sans offrir aucun grain brillant dans leur fracture.

Dans les tas des ferrailles que j'ai visités se trouvaient des pièces de toutes les formes, jusqu'à celle d'enroulement en spirale. J'ai remarqué que les pièces qui étaient de forme sphérique ou cubique n'ont pris aucune part à l'attraction.

La plupart des fers aimantés ont été frappés par des étincelles ; mais ceux qui ne portent point ces taches n'en sont pas moins bien doués de la propriété attractive, et quelquefois plus puissamment que les premiers.

Souvent il est arrivé que l'un des pôles a été plus fortement renforcé que l'autre, et c'est tantôt le pôle sud, tantôt le pôle nord qui a été pourvu de ce surcroît de puissance.

De même que dans l'aimantation artificielle, les pôles de

ces barreaux sont placés aussi à une petite distance, très-variable, des extrémités des tiges.

J'ai dit que c'est parmi les fers qui ont été parcourus et frappés, le plus souvent, par des étincelles, que j'ai trouvé le phénomène de l'aimantation; je dois ajouter que le même effet s'est reproduit, et avec la même intensité, sur des aciers amoncelés et placés à 50 centimètres du courant fulminant, qui n'ont point été frappés par des jets de foudre; je n'ai pu découvrir sur ces aciers aucune trace d'étincelle, malgré l'examen le plus minutieux.

A côté de ce fait j'en rapporterai un autre tout différent. Les couverts de table dont j'ai parlé, récemment étamés, ayant été suivis et frappés par des étincelles, aucune pièce n'a contracté la vertu d'attraction.

Si des fers isolés, c'est-à-dire non réunis en masse, sont quelquefois aimantés et doués de l'attraction par la chute du tonnerre, ces cas doivent être rares, puisque, sur plus de cent outils isolés qui ont été influencés et quelquefois même frappés par des étincelles dans l'atelier, aucun n'a été aimanté à ce point.

Il convient de dire, pour plus ample exposé, que tous les barreaux, toutes les limes, etc., qui ont été aimantés se trouvaient placés horizontalement, et la plupart dans la direction du sud au nord.

Anomalies de l'aimantation par le fluide magnétique de la foudre.

Parmi le nombre des barreaux aimantés que j'ai recueillis, le plus long a 40 centimètres; sur cette longueur 14 centimètres sont aimantés du pôle sud, et 26 du pôle nord; avec la différence, que l'aimantation des 26 centimètres va en diminuant jusqu'à l'extrémité du barreau, où elle finit par s'oblitérer entièrement. Ce barreau en forme de lame a été frappé par deux étincelles. Cet affaiblissement, ou défaut d'aimantation, à l'une des extrémités de la tige se re-

trouve quelquefois sur des barreaux de 12 centimètres.

Deux plaques d'acier, l'une de 18 centimètres de longueur sur 3 de largeur, l'autre de 19 sur 15, ont été aimantées transversalement et dans le sens des angles opposés. Sur l'une de ces plaques se trouve une étincelle.

Un barreau d'acier, de 9 centimètres de longueur sur 1 de diamètre, offre une double aimantation : les pôles sud sont établis au centre. Ce barreau porte trois étincelles.

Deux ressorts de fusil, ployés en deux branches parallèles, présentent deux aimantations chacun; l'un a les pôles nord au centre, l'autre les pôles sud. On ne trouve aucune étincelle sur ces pièces.

Une lame d'acier, de 24 centimètres de long sur 6 de large, porte deux aimantations, placées obliquement dans le sens de sa longueur; vers le milieu de la pièce se voient deux pôles de noms contraires très-prononcés. Point d'étincelles.

Une autre lame d'acier, longue de 20 centimètres et large de 2, a été aussi doublement aimantée, mais d'une autre manière : si l'on divise la longueur de cette lame en trois, on remarque sur la partie du centre, où les deux pôles de noms contraires se sont rencontrés, un défaut d'aimantation régulière et une confusion inexplicable. Cet acier offre trois étincelles.

Les autres barreaux ont leurs pôles régulièrement établis.

Toutes ces bizarreries d'aimantation doivent être attribuées probablement à la position plus ou moins régulière de ces pièces dans le courant magnétique terrestre, et à leurs dispositions respectives entre elles et d'autres fers, lorsque les jets de foudre les ont parcourus. De là l'origine de tant d'anomalies inextricables dans le phénomène de l'aimantation par le fluide magnétique de la foudre.

On peut cependant parvenir à expliquer quelques-unes des irrégularités d'aimantation qu'on remarque sur les fers qui ont été changés de place depuis le passage du météore,

et dont il est impossible de reconnaître la position primitive en étudiant des faits analogues d'aimantation faible ou de polarité sur des fers fixés, indiquant avec certitude la marche que la foudre a tenue.

On trouve souvent, par exemple, que le jet, en entrant dans un fer par une étincelle, a produit tantôt le pôle sud, tantôt le pôle nord à son entrée, et que les mêmes effets se sont reproduits à sa sortie. Ainsi les clous des volets qui ont été mis en éclats par un rameau de foudre, quoique non doués d'attraction sensible, ont le pôle sud à leur pointe dirigée vers le sud, par où la foudre est entrée en les frappant, et le pôle nord à la tête; tandis que, sur un autre volet, suivi par le même rameau, un clou qui a été frappé à la tête tournée vers le nord, par une effluve partie d'une espagnolette, porte le pôle nord à l'entrée du jet, et le pôle sud à sa sortie.

Selon cet exemple, et beaucoup d'autres non moins évidents, que je me dispense de citer, je dois conclure que ce n'est pas le jet de foudre qui a déterminé les pôles, mais que c'est le courant magnétique terrestre qui, en influençant ces clous, leur a imprimé la polarité dans le sens de sa direction, au moment où ils ont été suivis par la foudre.

Les théories que nous allons donner de l'action du fluide magnétique à l'état ordinaire dans l'aimantation, soit naturelle, soit artificielle du fer, nous serviront à faire comprendre ce que nous venons de dire relativement aux influences du fluide magnétique de la foudre sur les fers de cet édifice.

Aimantation faible ou polarité du fer par le fluide magnétique, dans le sens du courant magnétique terrestre.

D'après un grand nombre d'expériences que j'ai faites et comparées ensemble, je me suis convaincu qu'il n'y a point de fer, quelles qu'en soient l'espèce et la forme, où les deux pôles du fluide magnétique ne se trouvent distincts et sépa-

rés, et que ce fluide, à l'état normal, se communique en suivant la direction du courant magnétique terrestre à tous les fers du globe, et particulièrement aux tiges fixées sur quelque point, surtout si elles éprouvent des frottements ou des collisions (1).

On est étonné lorsqu'on examine, au moyen d'une aiguille aimantée et suspendue horizontalement, tous les fers d'un édifice, balcon, espagnolette, pentures, verroux, ustensiles, etc., etc., principalement s'ils sont restés un certain temps dans la même position par rapport au courant magnétique, quoiqu'ils n'aient pas occupé toujours la même place; on est, dis-je, étonné de trouver la direction d'un élément invisible, impalpable, impondérable, mieux indiqué par ces fers que celle du vent ne l'est par la meilleure girouette. En effet, on trouve sur toutes les tiges placées verticalement le pôle sud à l'extrémité supérieure qui attire le pôle nord de l'aiguille, et le pôle nord, à l'extrémité inférieure qui attire le pôle sud; les tiges fixées horizontalement dans la direction du sud au nord ont le pôle sud au midi et le pôle nord au septentrion; celles qui sont fixées dans le sens de l'est à l'ouest n'offrent point de pôles aux extrémités; mais si elles sont larges, on les distingue aux parties latérales, et s'il s'y trouve une charnière, la broche de cette charnière, placée perpendiculairement, donne encore le pôle sud au bout supérieur, et le pôle nord à l'inférieur, etc. Dans certains cas, ces pôles se maintiennent quelque temps fixés sur les pièces de fer, quoiqu'on les ren-

---

(1) La mine de fer magnétique porte ses pôles au sein de la terre, comme si elle était à sa surface ; la mine de fer ordinaire ne porte aucun pôle apparent, mais le fer qu'on en extrait dès la première fonte, quoique non battu et de forme très-irrégulière, a ses pôles imprimés dans le sens du courant magnétique, lorsqu'il a séjourné quelque temps dans la même position.

A ce sujet, je préviens la Société que je lui communiquerai plus tard un rapport sur un gisement de mine d'aimant en petits grains (mine de fer magnétique sablonneux), que j'ai trouvé dans notre département.

verse dans le courant; et telle est l'exactitude des indications, que, si l'on présente à une personne exercée à ces tâtonnements magnétiques un meuble garni de fer, ou tout autre objet de ce genre, qui aura séjourné quelque temps dans la même position, et qu'on aura remué ou transporté d'un lieu à un autre, cette personne reconnaîtra la position primitive de ce meuble par rapport aux points cardinaux, en approchant son aiguille des ferrures (1).

On est bien plus surpris, quoique l'expérience exige un peu plus de tâtonnements, lorsqu'on opère dans une cave sur les cerceaux des tonneaux et des cuves. Ici, le fluide magnétique, n'ayant pas été entraîné par la forme ou la disposition des fers, s'est dirigé sur les points des cerceaux qui correspondaient aux pôles magnétiques terrestres, et n'a pas dévié; aussi trouve-t-on sur les cerceaux placés verticalement, dans le sens du sud au nord, la direction du courant si bien indiquée, qu'on pourrait déterminer approximativement les degrés d'inclinaison magnétique sur l'horizon du nord; et sur les cerceaux placés horizontalement on reconnaît, aussi par approximation, les degrés de déclinaison du nord vers l'ouest.

Les plateaux ou les disques de fer qu'on place de la même manière conduisent avec plus de précision à des résultats semblables. Un disque de fonte de fer m'a fourni, à Ille, les moyennes suivantes : le 24 octobre, à midi, inclinaison du fluide magnétique terrestre, 55° 15′; déclinaison, 22° 12′. Manquant d'instruments, je ne puis vérifier l'exactitude de

---

(1) Les fléaux des balances, étant pourvus d'une polarité quelquefois très-énergique, pourraient faire douter de l'exactitude de ces instruments, lorsqu'ils sont bien construits, principalement dans les pays voisins des pôles.

Comme dans l'aimantation artificielle, les tiges d'une longueur disproportionnée à leur diamètre offrent des lignes moyennes irrégulièrement établies de distance en distance. L'établissement capricieux de ces lignes, tantôt rapprochées, tantôt éloignées sur la même pièce, paraît renfermer quelque enseignement, peut-être l'indice d'une solution de continuité dans la disposition moléculaire.

ces indications, et je ne les donne ici que pour faire voir la possibilité de reconnaître, à peu de chose près, l'inclinaison et la déclinaison magnétiques sur un point de la terre quelconque à l'aide d'un simple disque de fer. J'ajouterai qu'on doit débuter, dans ces expériences, par la recherche de la ligne moyenne magnétique du disque; on la trouve facilement en promenant l'aiguille aimantée sur sa circonférence.

Je dois encore signaler à l'attention de mes lecteurs les effets curieux du courant magnétique sur le globe de fer. Deux boulets de canon, qui avaient séjourné pendant trois ans dans la même position, n'ont pas été doués de pôles fixes sur le métal; mais ces pièces indiquent tout à la fois, plus exactement que tous les fers dont nous avons parlé, la déclinaison et l'inclinaison du courant. On peut s'en convaincre si, après avoir placé un de ces globes sur un piédestal à tige, on en approche l'aiguille aimantée : on trouve sur la partie supérieure et au sud magnétique le pôle sud, et sur l'inférieure et au nord le pôle nord, de même qu'une ligne moyenne d'intersection, perpendiculaire au méridien magnétique, qui partage ce globe en deux hémisphères; et, ce qui est le plus étonnant, les mêmes indications se présentent dans quelque sens qu'on fasse tourner la sphère métallique, de telle sorte que tous les points de sa surface deviennent instantanément pôle sud ou pôle nord, à mesure qu'on les fait passer sous la ligne de son équateur magnétique; et le fait est si évident, qu'on peut tracer facilement sur le globe, lorsqu'il est posé, des lignes magnétiques de son méridien et de son équateur, si je puis m'exprimer ainsi. Cette polarité, qui pénètre les globes de fer sans s'y fixer, de la même manière à peu près que les rayons du soleil traversent une boule de cristal, se retrouve sur les plus petites pièces de cette forme, et probablement sur les molécules globuleuses du fer séparées (1).

(1) Puisque les pièces de fer de forme sphérique indiquent très-bien la

Il reste à examiner si ces globes portent sur tous les points de leur périphérie, ou uniquement sur les pôles magnétiques, une couche du métal moins influencée, au-dessous de laquelle se trouverait un degré d'attraction plus énergique. Mais il serait peut-être plus intéressant de savoir si une sphère de fer, dont on aurait aplati les pôles comme le sont ceux du monde que nous habitons, ou sur laquelle on aurait ménagé un prolongement de la matière vers les courbes des aplatissements, ne prendrait pas sous la ligne de l'équateur magnétique de notre globe une polarité semblable à celle de la terre; car il est de fait que le courant influence les fers qui s'écartent de la forme sphérique dans le sens de leur longueur, bien qu'ils soient placés obliquement dans sa direction, et qu'il établit l'intensité des pôles à quelque distance des extrémités.

Aimantation faible ou polarité fixe par la percussion, dans le sens du courant magnétique terrestre.

Veut-on une nouvelle preuve, appuyée sur des faits d'un autre ordre, de l'aimantation du fer opérée dans le sens des pôles magnétiques de la terre; on la trouvera dans l'aimantation artificielle d'une tige de fer par la percussion. Qu'on prenne une tige dont les pôles ne soient pas fixés, ou toute autre, qu'on la tienne verticalement, ou mieux encore, dans le sens du courant, c'est-à-dire dirigée du sud au nord, et très-inclinée vers la terre du côté du

---

direction du courant magnétique terrestre, qu'elles ne peuvent point être douées de pôles fixes par le fluide magnétique à l'état ordinaire, ni par celui de la foudre, ni par le choc, comme nous le verrons bientôt, et que par conséquent les indications de ces pièces sont invariables, il me semble que, dans les cas de tempête sur mer où un coup de foudre aurait renversé les pôles des boussoles, on pourrait reconnaître sur-le-champ les véritables pôles des aiguilles, en présentant ces instruments à un boulet de canon, qui, dans notre hémisphère, attirerait infailliblement à sa surface inférieure le pôle sud, et à la supérieure le pôle nord, etc. Au défaut d'une pièce de ce genre, on pourrait se servir d'une tige de fer, dont on fixerait les pôles par la percussion au moment de l'épreuve.

nord, et qu'on la frappe avec un marteau ou avec une pierre sur la pointe tournée vers le sud : le choc produit sur cette tige, pendant que le fluide magnétique l'influence, donnera lieu à la production du pôle sud sur cette pointe, et du pôle nord sur la pointe inclinée vers le nord. Si, au lieu de frapper sur la pointe dirigée vers le sud, on frappe sur celle dirigée vers le nord, l'effet sera le même que dans l'expérience précédente ; c'est-à-dire que, de quelque côté qu'on frappe la tige, le pôle sud se fixera toujours à l'extrémité élevée vers le midi, et le pôle nord à celle inclinée vers le septentrion (1).

Qu'on tienne, au contraire, cette tige transversalement au courant, c'est-à-dire dirigée horizontalement de l'est à l'ouest, et qu'on la frappe sur l'une ou sur l'autre de ses pointes, on affaiblira, dans ce cas, ou l'on chassera les pôles des extrémités ; mais, si la tige est aplatie et large, ils se manifesteront faiblement aux parties latérales et correspondront à ceux du courant magnétique.

Ces effets d'aimantation varieront d'intensité selon que la tige dirigée vers le nord se trouvera plus ou moins bien placée dans la polarité ; mais, dès le moment que la pointe nord de la tige entrera dans la région du sud magnétique, il y aura perturbation dans l'aimantation par le choc et renversement des pôles (2).

Enfin, en plaçant successivement la tige dans les mêmes

---

(1) Par une conséquence de ce principe, tous les poinçons, ciseaux et autres outils à percussion des ouvriers auront le pôle sud à la tête et le pôle nord à la pointe, à moins que l'ouvrier n'ait frappé de bas en haut, ou du nord au sud, etc. ; au point que, dans certains cas, un malfaiteur pourrait être trahi par l'instrument même dont il se serait servi pour commettre son crime.

(2) Ces observations peuvent nous fournir l'explication des phénomènes d'affaiblissement ou de renversement, par un coup de tonnerre, des pôles magnétiques des aiguilles suspendues Nous avons vu, en traitant de l'électricité de la foudre, que ce fluide attire les métaux qu'il frappe ou qu'il influence ; dès lors, il est facile de concevoir qu'un jet de foudre qui se dirigera vers une aiguille aimantée la fera tourner, en l'influençant, dans

sens que les fers fixés sur les édifices et influencés par le courant, si on la frappe aux pointes, ou sur sa longueur, en la laissant tomber à plat sur le pavé, ou si on la plie, on imprimera, ou plutôt le courant magnétique imprimera lui-même instantanément sur la tige les mêmes pôles qu'il a imprimés sur ces fers avec le laps du temps.

Nous devons faire observer que ces faits variés d'aimantation par le choc n'ont pas lieu si l'on opère sur une pièce de fer de forme sphérique.

Il résulte de toutes ces expériences qu'on ne peut jamais fixer par la percussion le pôle sud à l'extrémité d'une tige inclinée dans la région nord du courant, ni le pôle nord à l'extrémité élevée dans la région sud ; et que si, en dépit du courant magnétique terrestre, on place les pôles d'une tige à contre-sens dans sa direction, le courant en fera justice et les renversera plus ou moins lentement, suivant les collisions produites sur la tige.

Aimantation artificielle du fer par l'aimant, dans le sens du courant magnétique terrestre.

Il est vrai que, lorsqu'on aimante une aiguille avec des barreaux, en suivant la méthode indiquée dans les auteurs, on réussit à imprimer le pôle nord sur la pointe de l'aiguille tournée vers le sud, et *vice versâ ;* mais cet effet est dû probablement à ce que la puissance du fluide magnétique, accumulé ou condensé dans le barreau, bon conducteur, paralyse et domine les influences magnétiques plus rares et plus faibles du courant, et à ce que, par le procédé qu'on suit, il se forme, entre l'aiguille et le barreau, lorsqu'il arrive à la pointe, une ligne moyenne, qui a, du côté sud, le barreau pour pôle sud, et du côté nord, l'aiguille pour pôle nord, etc. Mais, si l'on tient le barreau incliné sur l'ai-

une direction sensiblement contraire à celle du courant magnétique, et qu'il se passera sur cette aiguille les mêmes faits d'affaiblissement ou de renversement des pôles que nous venons de remarquer sur les tiges de fer.

guille, et on le fait marcher à partir de la pointe sud vers le centre, on ne pourra imprimer sur cette pointe que le pôle sud. Il est évident que, si le courant magnétique terrestre n'entre pour rien dans cette expérience, la même opération, répétée de la même manière, avec le même pôle du barreau, sur la pointe dirigée vers le nord d'une autre aiguille, devra donner aussi le pôle sud ; le résultat cependant démontre le contraire : la pointe de l'aiguille se refuse à prendre le pôle sud, reste à peu près sans pôle, ou finit par prendre faiblement le pôle nord.

On voit par conséquent qu'il y a des règles à suivre pour bien aimanter, et qu'il n'est pas indifférent de placer les aimants dans un sens ou dans un autre, par rapport au méridien magnétique, lorsqu'on veut conserver leur force d'attraction. L'influence du courant sur les aimants renversés dans sa direction se reconnaît, lorsqu'on lève un morceau de fer avec un barreau placé comme nous venons de le dire : le pôle sud qui agit sur la pièce de fer diminue d'énergie, et ne porte plus le même poids que portait le pôle nord du même barreau régulièrement placé dans le méridien. De là le défaut des aimants courbés en fer à cheval.

Après avoir exposé le mode d'action du fluide magnétique terrestre sur les pièces de fer, selon leurs formes, leurs collisions et leurs directions dans le courant, revenons à la question du magnétisme de la foudre, et concluons que, dans le cas arrivé à Ille, ce fluide, en se communiquant aux fers de l'édifice, a été subordonné, pour la détermination des pôles, aux influences du courant magnétique terrestre, au moins dans tous les faits que j'ai observés. Pour qu'il en fût autrement, il faudrait supposer que les rameaux de foudre portent des pôles fixes et invariables, comme les barreaux fortement aimantés, et rien ne m'autorise à émettre cette opinion. On dirait, au contraire, que la foudre n'est point douée d'un magnétisme énergique, et qu'elle agit dans l'aimantation, plutôt en tourmentant le fer intimement, et en

le rendant apte à accumuler et à conduire une quantité plus ou moins grande du fluide magnétique terrestre, qu'en lui communiquant celui dont elle n'est peut-être que faiblement pénétrée, puisque la foudre n'a produit sur les outils, placés isolément, qu'une polarité semblable à celle du choc, et qu'elle n'a aimanté puissamment que les barreaux qui se trouvaient entourés d'un certain nombre de petits courants magnétiques, par la présence d'autres fers juxtaposés.

Enfin, le fluide magnétique de la foudre communiqué aux fers amoncelés dans l'atelier, par le passage tantôt successif, tantôt simultané d'un grand nombre de jets électriques, aura été très-condensé dans ces pièces ; et, son action intense étant augmentée encore par le choc des étincelles, tous les barreaux placés à peu près dans la direction du courant auront été aimantés instantanément, et à un degré très-fort, de la même manière que le fluide magnétique terrestre, plus rare à l'état normal, aimante à des degrés plus faibles tous les fers du globe.

Nous n'envisagerons le plus souvent le fluide magnétique que sous le rapport de son utilité pour la navigation, la géographie et quelques récréations amusantes. Nous nous conduisons en cela comme des enfants qui ne remarqueraient dans le mécanisme d'une montre que les oscillations du balancier, lorsque nous devrions porter toute notre attention vers les importantes recherches des savants sur le mode d'action, la marche, l'origine de ce fluide mystérieux, et attendre avec impatience l'heureux moment où il jaillira de leur travail assidu la solution de grands problèmes de la cosmologie, qui résistent encore à la sagacité de notre intelligence, elle qui, plus subtile que tous les éléments, semble destinée à les comprendre tous et à pénétrer au delà.

Procédés pour se garantir de la foudre.

Quoique cette question n'entre point directement dans le plan de ce Mémoire, j'ose croire qu'elle n'y sera pas tout à

fait déplacée. Parmi les nombreux procédés indiqués par les physiciens, et notamment par notre illustre compatriote, M. Arago, je choisirai ceux qui m'ont paru les plus sûrs, et les plus faciles à exécuter. Ces procédés, établis sur les règles de la théorie et fondés sur l'expérience, auront encore le mérite d'être sanctionnés par un témoin oculaire des nombreux et funestes effets de ce redoutable météore.

Les meilleurs moyens qu'on puisse employer pour se garantir de la foudre consistent à se tenir loin des portes, des fenêtres, des cheminées, des courants d'air, des murailles, des tuyaux de descente métalliques, des cloches et des cordes qui y sont attachées, et, en général, de tous les métaux.

A la campagne, il est dangereux de courir, d'aller à cheval, de se réfugier sous les arbres, de porter des instruments de fer; il serait avantageux, au contraire, de se coucher.

Sur mer, si l'on n'est pas tenu à la manœuvre, il est bon de se placer sur des hamacs, pourvu qu'ils soient éloignés des parois du navire et des métaux.

Je conseille aux personnes impressionnables, qui ne peuvent se défendre de la crainte bien fondée qu'inspire la présence d'un orage, de se retirer dans une pièce reculée, vaste, n'offrant point d'ouverture, ne contenant point de métaux, et de se placer *au milieu*. Ce moyen est le plus simple et le plus sûr, à mon avis.

Il ne sera pas inutile d'apprendre ici, à ceux qui l'ignorent encore, que l'on peut connaître, à l'aide d'une montre à secondes, ou du battement de l'artère, la distance où se trouve l'orage : trois secondes entre l'éclair et le coup indiquent, à peu près, une distance d'un quart de lieue. Ce calcul pourra donner une idée de l'éloignement ou de la proximité du danger, relativement à un second éclair; car, pour le premier, dès le moment qu'on l'a vu, on n'a plus rien à craindre.

Nous ne devons pas nous dissimuler que les moyens les plus rationnels pour se garantir de la foudre sont quelquefois déjoués par les décrets impénétrables de la Providence, et que toutes nos mesures, toutes nos combinaisons scientifiques seront en défaut, si la main du Tout-Puissant ne daigne en bénir le succès.

Conclusion.

Je n'avais l'intention, en écrivant ce Mémoire, que de rendre compte des faits météorologiques qui se sont passés, pour ainsi dire, sous mes yeux dans ce cas de foudre, sans m'engager dans des détails prolixes, ni dans des raisonnements non moins inutiles quand on parle à des hommes instruits. Mais je me suis bientôt aperçu qu'un pareil rapport serait défectueux et ne remplirait pas le but que je m'étais proposé : la marche progressive des découvertes. J'ai compris que des physiciens qui n'ont étudié les phénomènes de la foudre que dans leur cabinet, et à l'aide d'appareils électriques peu puissants, sans avoir eu l'occasion, comme moi, de prendre la nature sur le fait, de voir l'électricité et le magnétisme se développer en grand, ne pourraient se rendre un compte exact des effets gigantesques de ces deux éléments, qui jouent un rôle si important dans le mécanisme de notre monde, si je n'entrais dans tous les détails, si je n'embrassais toutes les circonstances, si je ne transportais enfin mes lecteurs sur le théâtre des événements.

On se tromperait cependant si l'on croyait que j'ai épuisé ce sujet, et que rien ne m'a échappé; car, sans compter les questions que je n'ai pas osé aborder, de crainte de m'égarer sur un chemin si peu battu encore, sans compter les lacunes que je puis avoir laissées dans divers paragraphes, en traitant une matière si ardue, j'ai omis certains faits qui ne m'ont paru d'aucun intérêt, et que la science aurait peut-être accueillis avec gratitude. Dans tous les cas,

les échantillons des phénomènes les plus intéressants ont été recueillis, et sont déposés dans mon cabinet d'histoire naturelle; ils pourront au besoin être étudiés.

Tout en reconnaissant que ce cas de foudre peut fournir matière à de nouvelles découvertes, je me hâte de dire que je crains de m'être trop élancé dans quelques questions, en me permettant de soulever des doutes et d'émettre des opinions. J'avoue que mes faibles connaissances auraient dû m'imposer le devoir d'être plus modeste; mais je me rassure par la pensée que j'adresse mon travail à une Société (la Société des Sciences des Pyrénées-Orientales) non moins indulgente que savante, et que je n'écris que pour remplir une obligation que ma qualité de membre correspondant me commande impérieusement.

NOTE SUR LES COUPS DE TONNERRE QUI ONT FRAPPÉ LA CATHÉDRALE DE STRASBOURG LE LUNDI 10 JUILLET 1843, A UNE HEURE ET DEMIE APRÈS MIDI ;

Par M. A. FARGEAUD,
professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Strasbourg.

A peine l'invention de Francklin fut-elle connue en Europe, que l'on eut à Strasbourg l'idée d'armer la cathédrale d'un paratonnerre. Ce ne fut cependant qu'en 1780 qu'une proposition définitive fut faite aux magistrats de la ville, par Barbier de Tinan, commissaire des guerres. Son projet, soumis à l'examen de Francklin lui-même, fut approuvé dans tous ses détails par l'Académie des Sciences. Mais cette proposition n'eut pas de suite : le savant naturaliste Hermann nous apprend que l'on craignit la trop grande dépense.

Quarante-sept ans plus tard, M. le professeur Meunier fixa de nouveau sur cet objet l'attention de l'autorité et des hommes éclairés de Strasbourg : il rappela dans son Mé-

moire la visite que M. Gay-Lussac venait de faire à la cathédrale, et le vœu qu'avait exprimé l'illustre académicien, de voir enfin ce monument à l'abri des atteintes de la foudre, par un conducteur convenablement disposé. Une inconcevable opposition venait d'empêcher l'établissement d'un paratonnerre sur la salle de spectacle : la demande de M. Meunier n'eut donc aucun résultat.

Tel était l'état des choses, lorsque le 14 août 1833, vers les quatre heures du soir, un orage des plus violents éclata sur la ville : la tour fut foudroyée trois fois dans le même quart d'heure; le troisième coup l'illumina presque tout entière pendant quelques instants; le plomb, le cuivre, le fer, le mortier, le grès lui-même furent brûlés ou fondus dans plusieurs endroits; les marteaux furent soudés à quelques cloches, et l'on eut beaucoup de peine à les détacher. Les réparations que cette terrible explosion rendit nécessaires coûtèrent plusieurs milliers de francs. De graves accidents auraient pu suivre la chute des morceaux de pierres lancés jusque dans les rues voisines. De pareils dégâts et des craintes aussi naturelles étaient plus que suffisants pour éveiller de nouveau la sollicitude de l'administration. Une Commission fut nommée par M. le maire Frédéric de Turkeim, pour résoudre ces trois questions principales :

1°. Est-il convenable de placer un paratonnerre sur la tour de la cathédrale?

2°. Quelles dispositions particulières doit-on adopter dans son placement?

3°. Quelle en sera la dépense?

Cette Commission, organisée deux mois après l'événement, était composée de MM. Lacombe, Husson, Voltz, Meunier, Herrenschneider, Fargeaud, et de MM. les architectes Spindler et Fries ; il fut établi par les documents mis sous ses yeux, que depuis trente ans la dépense moyenne pour réparer les dégâts de la foudre était d'un millier de francs par an. Mais dans les siècles précédents, plusieurs fois l'existence d'une partie du monument s'était trouvée

menacée. En 1759 par exemple, le 27 juillet, un coup de tonnerre brûla toute la charpente du toit de l'église; la même année, dans le mois d'octobre, la foudre tomba trois fois pendant le même orage, sur la partie supérieure de la tour, et coupa presqu'en entier un des piliers de la lanterne, etc.

Je fus chargé par mes collègues de rédiger le résumé de nos discussions; mon Rapport fut signé et adressé à M. le maire, le 11 décembre 1833; l'administration le fit imprimer; mais elle ne donna aucune suite aux propositions qui s'y trouvaient développées. Probablement les choses en seraient restées là encore une fois, si dans l'été suivant, le 19 juillet, une explosion, plus terrible encore que celle dont il était question tout à l'heure, n'était venue fort à propos nous rappeler à l'ordre. Une des quatre tourelles avait pour ainsi dire été coupée par le milieu; d'énormes pierres avaient été déplacées; de nombreux fragments s'étaient trouvés transportés à des distances considérables : évidemment il fallait se mettre à l'œuvre, et l'on s'y mit enfin.

Nos collègues, auxquels avait été joint M. Diebold, voulurent bien charger M. l'architecte Fries et moi de tous les détails de l'opération. Quelques modifications au projet primitif furent adoptées sans difficultés, et l'appareil fut prêt à fonctionner pour l'été de 1835. En voici une description abrégée :

La cathédrale dans son ensemble est protégée par trois tiges verticales placées sur le sommet de la pyramide, sur la maison des gardes, qui occupe un des bouts de la plateforme, et enfin au-dessus du chœur, à côté du télégraphe. Les conducteurs qui partent de la base de ces appareils communiquent au sol par trois puits d'environ 10 mètres de profondeur.

L'un de ces puits a été creusé au pied même de la nef et de la tour, du côté de la place du château, au fond du couloir qui sépare les murs du temple des boutiques qui en

masquent la base. La boutique la plus rapprochée de ce premier puits est celle du ferblantier, M. Rhein.

Le second puits est placé symétriquement, du côté opposé, vers la place du dôme; le troisième est derrière le chœur, aussi du côté de la place du dôme et près de la sacristie, éloigné par conséquent des deux autres de presque toute la longueur du bâtiment. Les trois puits sont ainsi isolés de la voie publique : ils descendent plus bas que les fondements de la tour, et conservent chacun environ 1 mètre d'eau, dans la saison la plus défavorable.

Le conducteur qui protége le télégraphe se compose d'une corde en cuivre jaune, qui, après s'être recourbée de diverses manières, arrive près de l'orifice du puits de la sacristie. Cette corde est alors continuée par une large barre de cuivre rouge, se terminant en patte d'oie au fond de l'eau.

La tige conique qui surmonte le *bouton* de la pyramide et qui constitue le principal *paratonnerre*, a tout au plus $1^{m},50$ de hauteur. Il me sembla inutile de faire allonger cette tige dans le seul but d'atteindre ou même de dépasser la hauteur de la plus grande pyramide d'Égypte, comme le désiraient vivement quelques amateurs. L'essentiel était de l'établir solidement sur l'espace étroit au milieu duquel elle devait s'élever ; sa base a 5 ou 6 centimètres d'épaisseur. C'est de là que partent quatre conducteurs formés de barres de fer rectangulaires, ayant 55 millimètres de largeur et 15 d'épaisseur. Ces conducteurs passent entre les quatre bras de la croix, se replient autant qu'il est nécessaire pour suivre le contour de la couronne de la lanterne, et arriver au sommet des huit escaliers tournants; ils descendent alors dans les intervalles qui correspondent aux quatre tourelles ; en arrivant au niveau supérieur de celle-ci, ils sont réunis par un cercle qui fait le tour entier de l'édifice, et les rend complétement solidaires les uns des autres.

De cet entourage métallique, on jugea suffisant de

faire descendre deux conducteurs le long des tourelles du nord et de l'est, c'est-à-dire à droite et à gauche de l'immense toit en cuivre de la nef, vers lequel se dirigeait toujours la foudre. L'un de ces conducteurs, sur la tourelle du nord, marche presque directement depuis le sommet de la pyramide jusque dans le puits de la place du dôme, où il se termine par une barre de cuivre rouge dont l'épaisseur et la largeur égalent les mêmes dimensions des barres de fer.

Le second conducteur descend sur le côté de la tourelle de l'est, va atteindre un coin du faîte de la nef, et se replie pour arriver au puits de la place du château, derrière la boutique du ferblantier. Par un excès de précaution, nous avons cru devoir armer la maisonnette des gardes, sur la plate-forme, d'un paratonnerre distinct dont le conducteur vient se réunir à l'orifice du même puits, avec le conducteur qui descend de la tourelle de l'est.

Les conducteurs de la tour et ceux du télégraphe sont réunis par une longue barre de fer qui suit dans toute sa longueur le faîte de la nef. Toutes les autres grandes surfaces métalliques communiquent d'ailleurs entre elles et avec le système général de ces conducteurs. Les frais de l'établissement se sont élevés à environ 15 000 francs, non compris, je crois, les trois puits qui ont été construits par les ouvriers attachés au monument.

Pendant les sept années qui viennent de s'écouler, il ne paraît pas qu'aucun coup de tonnerre proprement dit ait frappé ni l'édifice ni les conducteurs : il semblait presque que les orages fussent devenus moins fréquents et moins intenses au-dessus de Strasbourg. Mais le lundi 10 juillet 1843, à une heure et demie de l'après-midi, un orage violent éclata sur la ville, et la foudre tomba deux fois sur la cathédrale, ou plutôt sur le paratonnerre.

Quelques personnes prétendent avoir vu un globe de feu enveloppant les conducteurs supérieurs du paratonnerre et glissant rapidement à leur surface. Mais l'employé du télé-

graphe, mieux placé que tout autre dans ce moment-là, nous a assuré n'avoir pu distinguer qu'une traînée lumineuse sillonnant le conducteur depuis le haut de la pyramide jusqu'à la plate-forme où ce conducteur devient invisible pour lui.

Au même instant, des phénomènes particuliers se produisaient dans l'atelier du ferblantier, M. Rhein, dont j'ai indiqué plus haut la position. Sept à huit personnes s'y trouvaient réunies : des vases en fer-blanc ou en zinc étaient rangés en assez grand nombre sur les côtés; de longues barres de fer étaient debout contre le mur, dans le coin le plus rapproché de l'un des conducteurs. Au moment de l'explosion, on *a cru voir* le tonnerre entrer par la porte qui donne sur la place, passer entre les jambes des personnes présentes, sans toutefois en blesser aucune, et venir éclater en une grande flamme contre les barres de fer, marchant ainsi directement vers l'un des puits. Cet éclat a été accompagné d'un bruit semblable à celui qu'on pourrait produire en frappant l'une des barres avec un gros marteau. Une minute après cette première explosion, est survenu le second coup de tonnerre : la matière électrique a encore fait irruption dans le même atelier; mais cette fois on n'a pu savoir par où elle était venue.

Quelques ouvriers de la cathédrale se trouvaient au même moment très-rapprochés du hangar qui abrite l'ouverture du puits. L'un d'eux, d'un âge avancé, habitué pour ainsi dire à ce genre d'observation, a très-bien remarqué sur le pavé même de la petite cour, derrière l'atelier de M. Rhein, des traînées lumineuses semblables à celles qu'il se rappelle avoir vues plusieurs fois parcourir les murailles de la tour. Quoiqu'il en fût très-rapproché, il n'a ressenti aucune secousse, aucune odeur particulière : il n'a pu distinguer ni leur direction ni leur forme.

Tel est donc le phénomène qui a produit une assez vive émotion dans le voisinage de la cathédrale.

Quelle a pu être la cause de cette déviation, partielle sans aucun doute, mais pourtant en quelque sorte extralégale?

Le soir, après l'orage et surtout le lendemain, des ouvriers sont descendus en notre présence dans tous les puits. M. l'architecte Klotz, et M. Wagner, habile serrurier qui a construit le paratonnerre, ont visité tous les conducteurs depuis le bas jusqu'au sommet de la pyramide, jusque sur le *bouton*. Je n'ai pas cru devoir suivre ces messieurs jusqu'aux limites de leur pérégrination aérienne; mais je suis allé assez haut pour être comme eux convaincu que tous les conducteurs sont inctacts aux points de jonction comme ailleurs. Il a été impossible de découvrir sur toute leur étendue la moindre trace du passage de la foudre. Le monument, de son côté, n'a pas été atteint : aucune parcelle de pierre ou de mortier n'en a été détachée.

Cependant la matière électrique est évidemment arrivée par le sommet de l'appareil, et la quantité a dû en être très-grande. En effet, le cône de platine, qui avait 8 centimètres de long et environ 1 centimètre d'épaisseur à sa base, a été fondu vers la pointe, sur une longueur de 5 à 6 millimètres au moins. Le métal s'est affaissé d'un côté et a coulé comme de la cire qui aurait été ramollie au feu. La partie ainsi arrondie présentait, le premier jour, l'aspect d'un petit miroir métallique convexe très-brillant. On a descendu cette pointe avec la portion de tige en cuivre qui la supportait, et l'on se propose de la conserver dans les archives de la cathédrale.

Mon collègue, M. Finck, professeur de mathématiques, averti par la première explosion, a aussitôt porté ses regards vers le sommet de la tour. Il a vu le second éclair arriver *horizontalement*, du nord-est, et se recourber très-insensiblement pour atteindre la pointe du paratonnere. Les zigzags de cette ligne lumineuse étaient peu prononcés, et sa longueur lui a paru d'environ 50 mètres. La cathédrale était

bien détachée des nuages : aucune lumière n'a été remarquée ni sur les conducteurs, ni même sur le corps de la tige dont la pointe venait de recevoir le fluide d'une manière si évidente.

Ainsi donc le fluide électrique a frappé le paratonnerre par son extrémité, certainement dans la seconde explosion, très-probablement dans la première qui était de beaucoup plus forte. Arrivé là, il avait deux chemins à suivre pour atteindre le sol : l'un aurait conduit presque en ligne droite dans le premier puits de la place du dôme, avec ou sans apparences lumineuses; le second chemin, plus long, mais tout aussi continu, l'aurait amené du côté opposé, dans le puits de la place du château. C'est, en effet, de ce côté qu'un assez grand nombre de personnes prétendent avoir vu sur les conducteurs, des sillons de lumière. C'est là qu'a eu lieu la déviation extraordinaire que j'ai signalée.

Une circonstance particulière nous semble expliquer à la fois le choix du conducteur, si toutefois il n'y a pas eu division, et surtout la déviation. Derrière l'atelier du ferblantier, à côté même des deux conducteurs qui viennent se joindre à l'orifice du puits, on avait rassemblé une grande quantité de plomb et de fer, du poids d'environ 2000 kilogrammes, provenant des petites toitures de la nef que l'on recouvre en cuivre dans ce moment. Ces pièces métalliques étaient entassées les unes sur les autres, comme une pile de bois, et présentaient un volume apparent d'environ 2 mètres cubes.

Très-probablement quelques-unes des feuilles de plomb touchaient le conducteur ; mais il nous a été impossible de vérifier ce fait : à notre arrivée les ouvriers en avaient déjà enlevé une bonne partie, pour déblayer l'orifice du puits. En admettant le contact, on voit que cette grande surface métallique étrangère a pu soustraire une partie du courant à sa direction principale et le verser sur les conducteurs

extérieurs les plus rapprochés. Les masses de fer-blanc, de zinc ou de fer, qui encombraient l'atelier et le petit grenier placé au-dessus, ont certainement favorisé cette déviation.

Si le contact n'avait pas lieu, il faut supposer qu'un instant avant l'explosion, tous les bons conducteurs voisins du paratonnerre, mais non en communication avec lui, se trouvaient électrisés par influence. Quand l'explosion s'est faite, un véritable choc en retour a dû se produire dans une localité préparée pour ainsi dire aussi bien que possible pour un phénomène de ce genre. Au reste, tout en attachant quelque importance à la direction du fluide, il faut peu s'inquiéter du sens dans lequel quelques personnes croient l'avoir vu cheminer; on sait combien il est facile de se tromper sous ce rapport.

Si, à propos de quelques étincelles électriques, j'ai cru devoir entrer dans d'aussi grands détails, c'est d'abord parce qu'il me semble que nous avons encore beaucoup à apprendre sur le tonnerre; c'est aussi pour faire voir que le paratonnerre a fonctionné avec succès, et que les seuls membres de la Commission encore vivants, MM. Fries et moi, n'ont aucune négligence à se reprocher dans l'arrangement des diverses parties de l'appareil préservateur. Je désire bien vivement que M. Arago, qui a rendu tant de services à la météorologie électrique, puisse trouver quelque intérêt à ce long récit.

J'ajouterai, en terminant, que le lendemain, presque à la même heure, un nouvel orage a éclaté sur Strasbourg. La foudre est tombée sur l'École de pharmacie : elle a atteint d'abord une barre de fer qui traverse le haut de la cheminée; elle a glissé ensuite le long de la toiture, pour arriver, suivant toute apparence, sur l'une des gouttières, par le moyen de laquelle le fluide est allé se perdre dans le sol. Ce coup de tonnerre n'a rien offert de remarquable, si ce n'est peut-être la préférence donnée à ce bâtiment sur

ceux de l'Académie qui en sont très-voisins, qui s'élèvent davantage, et qui sont même munis d'un tout petit paratonnerre.

NOTE SUR LES FORMES CRISTALLINES DU CADMIUM SULFURÉ;

PAR M. DESCLOIZEAUX.

Le cadmium sulfuré, nommé d'abord *greenockite*, en l'honneur de lord Greenock qui, le premier, l'a signalé comme une substance nouvelle, ne s'est encore rencontré qu'en petits cristaux disséminés dans un trapp amygdaloïde pénétré de rognons de prehnite verdâtre, de petits noyaux calcaires, d'une terre verte, et de lamelles de galène, près de Bishopton, dans le comté de Renfrew. La composition si simple de la greenockite, établie par l'analyse que M. Connell a insérée, à la suite de la description de cette espèce, dans le *The Edinburgh new Philosophical Journal*, tome XXVIII, page 391, permettant de la désigner par un nom chimique simple, nous pensons qu'il serait préférable d'adopter désormais cette dernière dénomination.

Un extrait de la description de ce minéral, inséré dans les *Annales des Mines*, 3ᵉ série, tome XIX, page 705, me permet de ne pas revenir sur ses principaux caractères extérieurs, sur sa pesanteur spécifique et sur sa composition; mais j'ai pensé qu'il y aurait quelque intérêt à compléter, par les mesures que j'ai eu l'occasion de prendre sur les premiers cristaux rapportés de Londres à Paris par M. Roussel, les résultats publiés par M. Brooke dans le *Journal d'Édimbourg* cité plus haut, et par M. Breithaupt dans les *Annales de Poggendorff* pour 1840, tome LI.

Les cristaux de cadmium sulfuré offrent, en général, la forme d'un prisme hexagonal régulier surmonté d'une ou de plusieurs pyramides à six faces tronquées au sommet; M. Breithaupt en cite quatre, mais il n'a pu en mesurer

que deux avec exactitude. On verra, dans le tableau des incidences, que j'ai observé et mesuré trois de ces pyramides.

M. Brooke, qui n'avait eu à sa disposition que deux petits cristaux, avait pensé que cette forme pouvait résulter du croisement de trois prismes rhomboïdaux droits; mais, dans une note très-courte insérée dans le *The Edinburgh Philosophical Journal*, tome XXIX, M. William-Nicol a fait voir qu'une lame de clivage perpendiculaire à l'axe du minéral dépolarisait la lumière à la manière des substances douées d'un seul axe de double réfraction, et que, par conséquent, il appartenait au système rhomboïdal.

Les mesures que je donne plus loin et qui, du reste, s'accordent avec celles de M. Brooke, prouvent que le rhomboèdre, ou le prisme hexagonal régulier, est bien le type auquel on doit rapporter le cadmium sulfuré; c'est aussi de ce système que M. Breithaupt fait dériver les formes dont il a donné les angles observés et calculés; le résultat de ses mesures se trouve dans mon tableau des incidences.

Je n'ai observé moi-même que le clivage perpendiculaire à l'axe des cristaux par le secours duquel M. Nicol s'est procuré la lame mince qu'il a soumise à l'action de la lumière polarisée; mais M. Brooke annonce qu'il a trouvé un clivage parallèle aux faces latérales du prisme hexagonal. Le premier m'a paru très-facile.

La forme dominante des cristaux et l'existence de ce clivage parallèle aux faces latérales du prisme m'ont conduit à adopter pour forme primitive du cadmium sulfuré le prisme hexagonal régulier dont les dimensions ont été déterminées au moyen des incidences de la pyramide qui se rencontre le plus fréquemment; seulement, comme mes observations remontent déjà à plusieurs années, et que je ne puis, comme le fait M. Breithaupt pour les siennes, en répondre à une minute près, j'ai pris pour base de mon calcul l'incidence de p sur b^1 donnée par ce minéralogiste. Le rapport

trouvé de cette manière entre un côté de la base et la hauteur du prisme est $b:h::418:689$.

Le tableau suivant met en regard les incidences que j'ai mesurées directement, celles qui ont été observées par MM. Brooke et Breithaupt, et celles que l'on déduit du rapport précédent et des signes cristallographiques que j'ai adoptés pour les quatre pyramides qui surmontent le prisme.

INCIDENCES OBSERVÉES.	ANGLES mesurés par M. Brooke.	ANGLES mesurés par M. Breithaupt.	INCIDENCES calculées.
m sur m = 120° 0'......	120° 0'	.....	......
$m - p$ = 90. 0......	90. 0	.....	......
$m - b^{\frac{1}{2}}$ = 152. 0.	.....	152° 19'	......
$p - b^{\frac{1}{2}}$ = 117.50.	118. 0	.....	117° 43' 0"
$b^{\frac{1}{2}} - b^{\frac{1}{2}}$ = 127.30,......	.....	.....	127.27.22
$m - b^{1}$ = 133.10.......	.....	....	133.35. 0
$p - b^{1}$...............	136.40	136.23	136.25. 0
$b^{1} - b^{1}$ = 140° environ..	.....	.....	139.40.40
$m - b^{\frac{1}{4}}$...............	.....	.....	165.16.51
$p - b^{\frac{1}{4}}$ = 105. 0........	.....	.....	104.43. 9
$b^{\frac{1}{4}} - b^{\frac{1}{4}}$ = 122.15.......	.....	.....	122. 9.30
$p - b^{2}$..................	.....	154.32	154.33.13
$b^{2} - b^{2}$..................	.....	155.28	155.11.18

La *fig.* 1, *Pl. II*, représente la forme primitive; la *fig.* 2 offre la réunion, très-rare dans la nature, du prisme et des quatre pyramides superposées; la *fig.* 3 représente la forme la plus habituelle des cristaux; la partie inférieure des pyramides manque complétement, et les cristaux sont implantés sur la gangue par la base la plus large; les faces latérales du prisme sont réduites à une bande très-étroite, et la pyramide b^{1} ne se

montre que comme une légère troncature sur les arêtes d'intersection de la base et des faces de la pyramide $b^{\frac{1}{2}}$, qui ont pris une très-grande extension; quelquefois, ce sont les pyramides $b^{\frac{1}{2}}$ et $b^{\frac{1}{4}}$ qui offrent cette disposition.

Les faces de la pyramide $b^{\frac{1}{2}}$ portent souvent des stries transversales parallèles à leur intersection avec la base qui leur donnent l'aspect de gradins à très-petits degrés, mais sans leur enlever leur éclat; M. Brooke cite sur ces mêmes faces d'autres stries longitudinales suivant lesquelles il semble y avoir un angle rentrant. Je n'ai jamais rien remarqué de semblable, et je ne sache pas que d'autres personnes aient confirmé cette observation.

NOUVEL EXAMEN DES FORMES CRISTALLINES DE LA CYMOPHANE;

PAR M. DESCLOIZEAUX.

La cymophane du Brésil, celle de Sibérie et celle de Haddam, en Connecticut, ont été récemment analysées par M. Awdjew et Damour (1) qui, en prenant les précautions convenables, ont trouvé que ce minéral ne contenait pas la silice qu'y indiquaient les anciennes analyses, et qu'on devait le considérer comme un aluminate de glucine. De plus, M. Awdjew a donné, d'après ses nouvelles recherches sur le poids atomique de la glucine, la formule $\dot{G}\ddot{\bar{A}}l$ comme représentant la composition de la cymophane.

Considérée ainsi, cette espèce fait partie de ce groupe intéressant d'aluminates de bases isomorphes qui comprend

(1) *Voy.* l'analyse des deux premières variétés dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome VII, page 169, et celle de la troisième dans le même volume, page 173.

le spinelle, la gahnite, la dysluite, etc., et dont tous les membres cristallisent dans le système régulier; elle semble donc offrir un nouvel exemple de dimorphisme, puisque chacun sait qu'elle cristallise en prisme rectangulaire ou rhomboïdal droit. Mais, si l'on connaît le système cristallin de la cymophane, on est loin de posséder une description complète des formes qu'elle peut affecter; car les cristaux bien déterminés du Brésil et de Haddam sont excessivement rares, et la belle mâcle, décrite par M. Rose dans la relation de son voyage aux monts Ourals, n'offre qu'un petit nombre de modifications.

L'atlas de la description de la collection Turner, par Lévy, contient une dizaine de formes de cette substance; malheureusement, comme j'ai déjà eu l'occasion de le dire en citant cet ouvrage, les incidences qui ont servi à calculer les signes des faces ont été, en grande partie, perdues, et l'on ne possédait jusqu'ici que les quelques nombres donnés dans le Traité élémentaire de Philipps et dans la Minéralogie de Mohs. J'ai donc cru qu'il ne serait pas sans quelque intérêt de publier le résultat des mesures que j'ai prises à différentes époques sur les beaux cristaux que renferme la collection de M. le marquis de Drée.

Comme Lévy, j'adopte, pour forme primitive, un prisme rhomboïdal droit, très-voisin de 120 degrés, mais ne pouvant cependant se confondre avec le prisme hexagonal régulier, puisque le minéral possède deux axes de double réfraction, situés dans le plan qui contient les petites diagonales des bases. La ligne moyenne est parallèle à ces diagonales. On peut s'en assurer en plaçant un cristal de cymophane entre deux plaques de tourmaline, de manière que les stries qui sillonnent les deux bases dans le sens de leur petite diagonale soient parallèles à l'axe de la première et perpendiculaires à celui de la seconde : on remarque alors que, dans cette position, la lumière polarisée par la première tourmaline n'éprouve pas de changement, mais que,

si l'on tourne le cristal à droite ou à gauche, cette lumière est dépolarisée.

Je n'indique ici ce moyen peu précis, qu'à cause de la facilité avec laquelle il permet de vérifier la position des axes, lorsqu'on l'a déjà établie par d'autres méthodes; pour le faire d'une manière rigoureuse, il faut avoir recours à un instrument de polarisation qui n'emploie que des rayons parallèles. (*Voyez* la note à la fin de ce Mémoire.)

L'angle compris entre les axes optiques est de 31 à 32 degrés. Mais, par la manière dont ce résultat a été obtenu, on ne doit le considérer que comme approximatif.

Un des côtés de la base du prisme est à sa hauteur comme 62 : 25.

Je n'ai observé qu'un clivage parallèle à la base du prisme; mais les stries que porte cette face, dans la direction de la petite diagonale, indique qu'il en existe un dans cette direction. Quelques auteurs disent que ce clivage est assez net et qu'on en trouve aussi des traces parallèlement aux faces latérales primitives.

Ainsi qu'on le verra par l'examen des figures, dans la direction même de ce clivage parallèle à la petite diagonale de la base, se trouve toujours une face très-développée, ce qui donne aux cristaux l'apparence d'un prisme hexagonal allongé.

La pesanteur spécifique de la variété du Brésil a été trouvée, par M. Awdjew, égale à 3,7337; M. Rose donne 3,689 pour celle des mâcles de Sibérie; leur densité doit, en effet, être un peu moindre, à cause des fissures qu'on observe dans leur masse.

La *fig.* 1, *Pl. II*, représente la forme primitive; les *fig.* 2, 3 et 4 offrent les variétés que j'ai observées; la *fig.* 5 est la forme habituelle des mâcles du Brésil et de Haddam : cette mâcle n'est formée que par deux cristaux offrant la forme du prisme hexagonal allongé dont nous avons parlé plus haut, placés d'abord parallèlement, et dont l'un peut être censé

avoir tourné de 60 degrés autour d'un axe perpendiculaire à la face p. Si, dans la *fig.* 6, on ne considère que la portion limitée par les lettres $mm\,m'm'g^1g'^1$, on aura une idée de cette mâcle, qu'on peut aussi considérer comme provenant d'une mâcle complète semblable à celle des monts Ourals, et dont les deux parties trapézoïdales $m''m''m'm'$, $mm\,m''m''$ auraient été enlevées ; suivant Mohs, cette forme se présente assez souvent sur les cristaux de Haddam.

La *fig.* 7 représente un pseudododécaèdre bipyramidé basé, résultant de la pénétration de trois cristaux pareils aux précédents, et dont la *fig.* 6 offre une coupe parallèle à la base : c'est la forme qu'affecte la mâcle des monts Ourals.

Les lignes pleines de la *fig.* 6 offrent le contour des trois cristaux qui se pénètrent ; l'angle rentrant, formé par les faces m et m', ou, à leur défaut, par les arêtes d'intersection des faces $b^{\frac{1}{2}}$ opposées, de deux cristaux voisins, est imperceptible à l'œil ; car l'inclinaison mutuelle des faces latérales m du prisme, ou des arêtes qui les remplacent, étant égale à 119°51′, cet angle rentrant est égal à 180°9′. La coupe des mâcles de l'Oural, qui est réellement un polygone à douze côtés, se réduit donc presqu'à un hexagone régulier ; les stries qui viennent se rencontrer sous un angle de 60 degrés environ, sur les lignes qui joignent les milieux des côtés de cette sorte d'hexagone, sont parallèles à la petite diagonale de la base de chaque cristal, comme nous l'avons dit en parlant du clivage, et servent à reconnaître l'arrangement des cristaux entre eux. Ces stries existent sur les cristaux de Haddam et sur ceux de Sibérie ; mais c'est surtout sur ces derniers qu'elles sont fortement indiquées.

Un de ces cristaux est représenté en projection, *fig.* 8 ; les faces e_3, suivant qu'elles sont plus ou moins étendues, forment, au point de contact de deux cristaux voisins, un angle rentrant plus ou moins profond, et changent un peu l'aspect du pseudododécaèdre, *fig.* 7. Les faces de ce pseu-

dodécaèdre, qui se composent d'une face $b^{\frac{1}{2}}$ de l'un des cristaux et d'une face $b'^{\frac{1}{2}}$ du cristal voisin, sont presque planes, puisqu'elles le seraient complétement si l'angle des faces *m* était exactement de 120 degrés. La plupart des cristaux observés par M. Rose étaient peu miroitants; ceux que possède l'École des Mines, à Paris, sont dans le même cas; aussi n'est-il pas possible d'apercevoir l'espèce de gouttière excessivement évasée que doivent former les deux plans $b^{\frac{1}{2}}$ et $b'^{\frac{1}{2}}$, en s'appuyant l'un contre l'autre; seulement le point de partage de ces deux faces est indiqué par une ligne souvent très-visible, perpendiculaire à chacun des six côtés de la base du dodécaèdre.

Les cristaux des monts Ourals, dont les dimensions dépassent souvent 50 millimètres dans tous les sens, sont d'un vert d'herbe foncé; ils ne sont que translucides, mais ils possèdent le dichroïsme; lorsqu'on fait passer, à travers la face *p*, les rayons du soleil ou d'une forte lumière, ils paraissent d'un rouge hyacinthe.

D'après l'analyse de M. Awdjew, leur couleur verte est due à une petite quantité d'oxyde de chrome.

Leur gangue est le schiste minacé qui renferme aussi l'émeraude et la phénakite.

Le tableau suivant offre le résultat des mesures que j'ai obtenues avec le goniomètre de Wollaston, les angles calculés d'après les dimensions de la forme primitive que j'ai adoptées, et les principaux nombres donnés par Mohs et Philips.

INCIDENCES OBSERVÉES.	INCIDENCES calculées d'après les données $b^{\frac{1}{2}}$ sur $p = 137°5'$ p sur $m = 90.0$ $b : h :: 62 : 25$	INCIDENCES de Mohs.	INCIDENCES de Philips.
m sur m = 120° 0'.......	119°50'57"	119°46'	......
$b^1 - p$ = 154.50........	155. 3.59	......	......
$b^1 - m$.................	114.56. 1	......	......
$b^1 - b^1$	155.36.24	......	......
$b^{\frac{1}{2}} - p$ = 137. 5........	137. 5. 0	......	137° 6'
$b^{\frac{1}{2}} - m$ = 132.55........	132.55. 0	......	133.19
$b^{\frac{1}{2}} - b^{\frac{1}{2}}$ = 140.20...... .	140. 5.40	139.53	......
$b^{\frac{1}{2}} - b^{\frac{1}{2}}$ par-dess. m=85.50	85.50. 0	86.16	......
$b^{\frac{1}{2}} - b^1$ = 162.15........	162. 1. 1	......	......
$b^{\frac{1}{2}} - g^1$...............	109.57.12	......	......
$a^1 - p$ = 140.50........	141.10.45	......	......
$a^1 - m$ = 123. 0........	122.51.12	......	......
$a^1 - b^{\frac{1}{2}}$ = 160.10........	160. 2.52	......	......
$a^{\frac{1}{2}} - p$.................	121.51.27	......	......
$a^{\frac{1}{2}} - m$.................	137.18.30	......	......
$a^{\frac{2}{3}} - p$ = 129 40........	129.38.36	......	......
$a^{\frac{2}{3}} - m$...............	131.47.13	......	......
$a^{\frac{2}{3}} - a^{\frac{2}{3}}$ = 100° environ..	100.42.48	......	......
$a^{\frac{2}{3}} - b^{\frac{1}{2}}$...............	157. 4.16	......	......
$e^1 - p$ = 155. 0.......	155. 1. 0	......	154.51
$e^1 - g^1$ = 115. 0	114.59. 0	......	......
$e^1 - e^1$ par-dessus p......	130. 2. 0	......	......
$e^{\frac{1}{2}} - p$ = 136.40..	137. 1. 6	......	136.20
$e^{\frac{1}{2}} - g^1$ = 133. 0........	132.58.54	......	......
$c_1^{\frac{1}{2}} - e^1$ = 162. 0........	162. 0. 6	......	......
$e^2 - e^{\frac{1}{2}}$ = par-dessus p...	94. 2.12	......	......
$e^{\frac{1}{3}} - p$ = 125.20........	125.34.44	......	125.18
$e^{\frac{1}{3}} - g^1$ = 144 40........	144.25.16	......	......
$e^{\frac{1}{3}} - e^{\frac{1}{3}}$ par-dessus p....	71. 9.28	70.41	......
$e_3 - p$ = 129.20.	129. 5. 5	......	......
$e_3 - m$.................	137.10.23	......	......
$e_3 - g^1$ = 126.30.......	125.58.56	......	......
$e_3 - b^{\frac{1}{2}}$ = 164. 0	163.58.16	......	......
$e_3 - e_3$ = 102.20........	101.49.48	......	......
$g^1 - g'^1$ = dans la mâcle.	60. 9. 0	......	......

Quoique ce tableau contienne les incidences d'une face $a^{\frac{1}{2}}$, je ne l'ai pas observée moi-même; je la donne d'après Lévy.

M. Biot a eu la bonté de me communiquer la Note suivante, extraite d'un de ses anciens registres d'observation, et faisant connaître la méthode qu'il emploie pour déterminer la position du plan des axes de double réfraction et l'angle de leur écartement d'après les seules indications des teintes développées par l'interposition d'une petite plaque du cristal que l'on veut considérer.

NOTE DE M. BIOT.

J'ai pris un tout petit cylindre de cymophane cristallisé, que j'ai fait tailler en une plaque dont les faces étaient à peu près perpendiculaires aux stries latérales représentées dans la *Pl. II, fig.* 9. Il y avait dans la plaque une fissure naturelle FF, normale au plan de ses faces, et provenant d'un clivage naturel. L'épaisseur de cette plaque était tant soit peu inégale, et en moyenne, de 2 millimètres. L'ayant exposée, sous l'incidence normale, à un rayon polarisé, j'ai d'abord dirigé la fissure FF dans le plan de polarisation de ce rayon et j'ai trouvé que son état n'était point troublé. J'ai tourné ensuite la plaque sur son propre plan, de manière à rendre la fissure FF perpendiculaire à la direction de la polarisation primitive. Celle-ci n'en a pas été altérée non plus.

Cela fait, j'ai tourné FF à 45 degrés du plan de polarisation primitif, et j'ai incliné la plaque dans ce sens, sur le rayon polarisé, la section principale du prisme analyseur restant toujours dans l'azimut zéro. J'ai observé les phénomènes suivants :

1°. Sous l'incidence normale, on voyait des couleurs, mais distribuées un peu irrégulièrement, soit à cause du petit défaut de parallélisme des faces, soit parce qu'elles n'étaient pas rigoureusement perpendiculaires à l'axe du cylindre naturel ;

2°. En inclinant suivant FF, on trouvait une inclina-

son où l'image émergente extraordinaire semblait s'évanouir. Alors, si l'on interposait dans le trajet une lame mince de chaux sulfatée, dont la ligne moyenne fût dirigée à 45 degrés de la polarisation primitive, cette lame conservait ses couleurs propres, sans altération, d'où il suit que le cristal de cymophane n'altérait point alors la polarisation primitive. Ce phénomène avait lieu également des deux côtés de la normale, sous des inclinaisons sensiblement égales, et toutes deux d'environ 25 degrés.

Ceci indique que le cristal observé de cymophane a deux axes dont le plan est perpendiculaire aux bases du prisme, et dirigé, suivant la ligne de clivage FF. L'égalité d'inclinaison où l'action propre du cristal devient nulle, devait résulter de ce que le *sens prismatique* de la plaque provenant de son inégalité d'épaisseur se trouvait perpendiculaire à FF; de sorte que, suivant FF, l'épaisseur était contante. C'est aussi ce que j'ai vérifié.

Comme confirmation de ces résultats, j'ai tourné la plaque de 90 degrés sur son propre plan, de manière à mettre la ligne perpendiculaire à FF dans l'azimut de 45 degrés, où l'appareil permettait de l'incliner sur le rayon primitif. Alors, en l'inclinant des deux côtés de la normale, on voit paraître de longues séries de couleurs, dans lesquelles l'image émergente extraordinaire ne s'évanouit jamais. L'inclinaison s'opérait donc ici perpendiculairement au plan qui contenait les deux axes du cristal.

J'incline ainsi la plaque dans ce sens, jusqu'à ce que les images émergentes arrivent au blanc. Alors, en interposant une plaque de cristal de roche parallèle à l'axe, mais légèrement prismatique, dont je tourne la section principale suivant FF, on revoit des couleurs; et plus j'incline le cristal de cymophane, plus l'épaisseur de cristal de roche ainsi compensée augmente. Cela montre que l'action propre de la plaque de cymophane s'accroît par cette inclinaison, comme on devait s'y attendre d'après ce qui précède;

et qu'en outre, la nature de cette action est, comme celle du cristal de roche, du genre attractif.

Pour confirmer cette dernière particularité, j'ai pris un prisme de cymophane allongé, *fig.* 10, qui formait une plaque naturelle, dont une des faces était parallèle aux stries latérales SS, et les contenait dans son propre plan. Alors, pour avoir des couleurs avec cette plaque sous l'incidence normale, il a fallu la croiser avec une plaque de cristal de roche, dont l'axe PP était perpendiculaire aux stries SS.

Soit, *fig.* 11, CN la ligne moyenne entre les deux axes de la cymophane, ligne que nous trouvons être perpendiculaire aux faces de notre plaque observée, *fig.* 9. D'après les expériences que nous avons rapportées, lorsque le rayon intérieur CA ou CA_1 est dirigé suivant un de ces axes; il sort, dans l'air, en faisant avec la normale AN ou A_1N_1 un angle d'environ 25 degrés. Si donc on désigne par n l'indice de réfraction suivant lequel cette émergence s'opère, l'angle intérieur I, formé par les axes avec la ligne moyenne, s'obtiendra par la formule

$$\sin I = \frac{1}{n} \sin 25^\circ.$$

Ne connaissant pas la valeur exacte de cet indice, je le suppose hypothétiquement 1,5525, ce qui est la moyenne des deux que j'ai obtenus, pour le quartz cristallisé. Avec cette valeur on trouve

L'inclinaison de chacun des axes de la cymophane, sur la ligne moyenne.	$I = 15^\circ 47' 47''$
Et l'angle compris entre les axes dans le cristal........................	$2I = 31.35\ 34$
Nature d'action du cristal............	Attractive.

Cet exemple montre les séries d'épreuves au moyen desquelles on peut déterminer, par approximation, les principales propriétés physiques d'un cristal transparent, et la nature de son action, au moyen de l'appareil général qui sert à faire toutes les expériences de polarisation, même

lorsqu'on n'en possède que des échantillons de dimension très-petite, dont on ne peut pas varier à volonté les sens de coupe. Mais je dois prévenir que, *pour les cristaux à deux axes*, la nature de l'action ne peut être conclue ainsi, qu'au moyen de précautions particulières, dont l'exposition ne saurait trouver place dans cette simple Note.

On trouve dans les Traités de physique 1,76 pour l'indice de réfraction de la cymophane; seulement on ne dit pas si c'est l'indice ordinaire ou extraordinaire; en partant de ce nombre et des observations précédentes de M. Biot, on arrive à une valeur de 2l égale à 27°47′16″. Mais en admettant cette valeur de *n*, il faudrait savoir encore si elle est applicable à l'émergence considérée. (A. D.)

NOTE SUR LES FORMES CRISTALLINES DE LA PÉROWSKITE;

PAR M. DESCLOIZEAUX.

M. Gustave Rose a décrit, dans les *Annales de Poggendorff*, tome XLVIII, page 558, un minéral nouveau dans lequel ses essais lui avaient fait reconnaître de l'acide titanique et de la chaux; il lui a donné le nom de *pérowskite*, en l'honneur de M. Pérowski, possesseur éclairé d'une des belles collections de la Russie.

Deux analyses complètes de ce minéral, publiées par M. H. Rose dans le t. LXII des *Annales de Poggendorff*, ont montré qu'il ne contenait effectivement que de l'acide titanique et de la chaux dont les proportions sont représentées par la formule $\dot{C}a\,\ddot{T}i$; le résultat de ces analyses est exprimé par les nombres suivants :

	I.	Oxygène.	II.	Oxygène.	Rapport.
Acide titanique	59,00	23,43	58,96	23,41	2
Chaux	36,76	10,16	39,20	11,52	
Protoxyde de fer mélangé d'un peu de manganèse	4,79	1,09	2,06	0,47	1
Magnésie	0,11				
	100,66		100,22		

Quant à la forme cristalline de cette rare et intéressante substance, M. G. Rose a annoncé qu'elle appartenait au

système cubique, mais il n'a décrit aucune forme dérivée.

M. Dufrénoy m'ayant invité à examiner l'un des deux échantillons de pérowskite rapportés à la fin de l'année dernière par M. Leplay, de son voyage dans l'Oural, j'en ai détaché plusieurs cristaux dont l'un m'a offert des modifications qu'on n'avait encore rencontrées dans aucun minéral cristallisant en cube, et qui mérite une description particulière.

La *fig.* 1, *Pl. II*, représente exactement toutes les faces que j'ai observées sur ce cristal; on voit que les parties semblables du cube sont loin d'être modifiées symétriquement, et que les modifications qui devraient donner trois faces, disposées régulièrement autour de chaque angle solide, n'en offrent qu'une seule : l'absence complète, ou une diminution des faces, analogue à la précédente, se fait aussi remarquer dans les trois hexatétraèdres qui devraient biseler chacune des arêtes de la forme primitive; aussi, afin de montrer clairement quelles sont, parmi les faces appartenant à ces dernières modifications, celles qui existent et celles qui manquent, j'ai substitué sur la figure, à la notation habituelle du cube, celle qui s'appliquerait à un prisme droit à base carrée : par exemple, pour indiquer que, sur l'arête horizontale antérieure de la base visible du cristal, il manque une des faces de la modification $b^{\frac{3}{2}}$, et, en même temps, pour que l'on sache quelle est celle de ces deux faces qui ne s'est pas produite, j'ai désigné par $b^{\frac{3}{2}}$ la face qui fait, avec la base, un angle plus grand que 135 degrés, et avec le plan vertical, un angle plus petit que 135 degrés; ce qui revient à dire que cette face est celle qui se trouve comprise entre la base et la modification b^1, tandis que l'expression $b^{\frac{2}{3}}$ indique la face symétriquement opposée à la première, et comprise, par conséquent, entre la modification b^1 et la face verticale du cube; il en est de même pour les expressions $b^{\frac{11}{8}}$ et $b^{\frac{8}{11}}$, $b^{\frac{5}{4}}$ et $b^{\frac{4}{5}}$.

Le tableau suivant donne les angles que j'ai observés sur le cristal représenté par la *fig.* 1 et ceux que fournit le calcul, en partant des signes cristallographiques que j'ai adoptés :

Angles observés.	Angles calculés.
p sur $b^{\frac{2}{5}}$ = 146°30′	146°19′
p — $b^{\frac{2}{3}}$ = 123.30	123.41
p — $b^{\frac{2}{11}}$ = 144. 0	143.56
p — $b^{\frac{11}{8}}$ = 126. 0.	126. 4
p — $b^{\frac{4}{5}}$ = 141.30	141.20
p — b^{1} = 135. 0	135. 0
p — a^{1} = 125.10	125.16
p — $a^{\frac{1}{2}}$ = 131.45	131.49
$a^{\frac{1}{2}}$ — a^{1} = 164. 0	164.12
p — $a^{\frac{9}{4}}$ = 155 environ.	154.46
a^{1} — $a^{\frac{9}{4}}$ = 151. 0	150.30
p — $a^{\frac{3}{2}}$ = 148. 0	147.51
a^{1} — $a^{\frac{3}{2}}$ = 157. 0	157.25

Le plan p, dont les incidences avec les diverses modifications sont données dans ce tableau, se rapporte aux faces verticales et non à la base.

La position de chacune des faces ci-dessus désignées étant une fois déterminée par rapport au cube, au moyen de leurs incidences, si l'on complète par la pensée celles qui manquent sur le cristal observé, on obtient la forme théorique dont la *fig.* 2 représente seulement trois angles, afin d'éviter une trop grande complication dans le dessin.

Cette forme, qui porte les véritables signes cristallographiques qui conviennent au cube, se compose

1°. Des six faces du cube ;

2°. Des huit faces de l'octaèdre régulier ;

3°. Des douze faces du dodécaèdre rhomboïdal ;

4°. Des vingt-quatre faces du triakisoctaèdre ou octaèdre pyramidal $a^{\frac{1}{2}}$ qu'on connaît dans la chaux fluatée, dans le

mercure argental, dans le plomb sulfuré et dans le cuivre oxydulé;

5°. Des vingt-quatre faces de l'ikositétraèdre $a^{\frac{3}{2}}$ qu'on connaît dans l'argent sulfuré ;

6°. Des vingt-quatre faces de l'ikositétraèdre $a^{\frac{9}{4}}$ qui n'existe dans aucun autre minéral;

7°. Des vingt-quatre faces de l'hexatétraèdre $b^{\frac{3}{2}}$ que l'on connaît dans l'argent sulfuré, dans le fer sulfuré et dans le zinc sulfuré;

8°. Des vingt-quatre faces de l'hexatétraèdre $b^{\frac{11}{8}}$ qui n'est cité dans aucun ouvrage;

9°. Enfin des vingt-quatre faces de l'hexatétraèdre $b^{\frac{5}{4}}$, donné par Naumann, dans son *Traité de Cristallographie.*

Ainsi la forme complète de la pérowskite ne comporte pas moins de cent soixante-dix faces ; c'est jusqu'ici la réunion la plus nombreuse que l'on connaisse.

Aucun des autres cristaux que j'ai isolés ne m'a offert autant de modifications différentes que celui dont je donne ici le dessin; celles qui m'ont paru le plus habituelles sont l'octaèdre régulier et les deux hexatétraèdres $b^{\frac{3}{2}}$ et $b^{\frac{5}{4}}$.

Je ne m'étendrai pas dans cette Note sur les caractères physiques et chimiques de la pérowskite, dont M. Rose a donné une description détaillée, et qui trouveront place dans le *Traité de Minéralogie* de M. Dufrénoy.

Seul, au chalumeau, ce minéral est infusible; avec les flux, il donne les réactions du titane.

Il possède un clivage triple assez facile parallèlement aux faces du cube.

Sa couleur est le noir de fer, avec un éclat métallique prononcé et un peu adamantin.

Opaque, sa poussière est d'un blanc grisâtre.

Sa dureté est comprise entre celle de l'apatite et celle du feldspath par lequel il est rayé.

Sa pesanteur spécifique est égale à 4,017.

Les cristaux qui n'ont guère plus de 3 à 4 millimètres de côté sont fortement engagés dans une gangue de calcaire lamellaire blanc et de chlorite verte dichroïte; les échantillons rapportés par M. Leplay, comme ceux que M. Rose a décrits d'abord, proviennent d'Achmatowsk, près Slatoust, dans l'Oural.

Je ferai remarquer, en terminant, que la pérowskite a précisément la même formule chimique que la chrichtonite analysée récemment par M. Marignac; et depuis que M. H. Rose a montré que l'acide titanique se présentait sous trois modifications différentes, l'incompatibilité des formes de ces minéraux à bases isomorphes n'a plus rien qui doive étonner, puisqu'on ignore si chacun d'eux renferme la même modification de l'acide titanique.

NOTE SUR LES ANNEAUX COLORÉS PRODUITS PAR LE DÉPOT DES OXYDES MÉTALLIQUES SUR LES MÉTAUX;

PAR M. EDMOND BECQUEREL.

On sait, d'après les travaux de mon père, qu'en transmettant un courant électrique à travers une solution alcaline de protoxyde d'un métal dans laquelle le peroxyde est insoluble, il se dépose au pôle positif des couches minces de peroxyde qui résistent au bruni à la peau et au rouge d'Angleterre.

Si l'on se sert d'une solution de plombate de potasse marquant 23 degrés à l'aréomètre de Baumé, et que l'on place au pôle positif d'une pile de 8 ou 10 éléments une lame polie de cuivre, de laiton, de platine, d'or, etc., le pôle négatif étant un fil de platine, on voit bientôt apparaître

sur cette lame de brillantes couleurs dues aux lames minces de peroxyde de plomb qui se dépose sur cette lame. Si le dépòt est uniforme, la teinte est la même sur toute la lame, mais la couleur change périodiquement et passe par toutes les nuances du spectre solaire, à mesure que l'épaisseur augmente. Si le dépôt est irrégulier, on a sur la même lame une série de teintes variées analogues aux anneaux colorés de Newton.

On peut même avoir les anneaux colorés à l'aide du procédé suivant, anologue à celui dont a fait usage M. Nobili.

On prend pour plaque positive une lame polie et décapée de maillechort AB, *Pl. II*, *fig.* 1 (alliage de nickel et de cuivre qui se prête très-bien aux colorations), et l'on plonge cette lame horizontalement dans la solution mentionnée plus haut, en ayant soin de fixer à son centre, sur sa face inférieure, un fil conducteur communiquant avec le pôle positif d'une pile.

On approche de la surface supérieure, à 1 ou 2 millimètres, un fil de platine passant dans un tube de verre CD et préparé à la manière de Wollaston; de sorte que le courant électrique ne débouche dans le liquide que par la pointe très-fine C; alors on voit se former une série d'anneaux colorés, les anneaux extérieurs ayant un très-grand diamètre. On lave la plaque à grande eau, et on la sèche à la sciure de bois.

Si la lame circulaire a 15 centimètres de diamètre, on peut avoir au moins trois ou quatre séries d'anneaux colorés bien nets.

L'objet de cette Note est d'établir que ces anneaux colorés sont analogues aux anneaux transmis de Newton, et nullement aux anneaux réfléchis. Cela résulte, comme on va le voir, de la succession des teintes et de la mesure des rapports d'épaisseur des couches ou des diamètres. Il était facile de prévoir ce résultat à priori; car on sait qu'en formant des anneaux colorés avec une lame mince dont l'in-

dice de réfraction est intermédiaire entre les indices de réfraction des deux substances contiguës, on a des anneaux à centre blanc, et non à centre noir.

C'est précisément ce qui arrive ici, la lame mince étant en peroxyde de plomb, et cette substance ayant un indice de réfraction intermédiaire entre celui de l'air et du métal.

Dans ces anneaux, l'épaisseur est beaucoup plus grande au centre qu'à la circonférence, puisque le dépôt d'oxyde y est plus considérable. C'est l'inverse qui a lieu pour les anneaux colorés vus entre une lame de verre et une lentille convexe, la couche d'air étant moins épaisse au centre qu'à la périphérie.

Il est aisé d'avoir la valeur de la courbe formée par la surface supérieure de la couche d'oxyde, dans un plan perpendiculaire à la lame métallique et passant par le centre. Soient BX, *fig.* 2, la plaque métallique, B son centre, A l'extrémité de la pointe du pôle négatif, et supposons que l'électricité ne débouche que par ce point. Soit C un point quelconque; quand le courant passera, l'épaisseur y de la couche d'oxyde déposée au point C dépendra uniquement de l'intensité du courant et de la distance AC. En admettant que cette intensité soit en raison inverse de la longueur AC, on aura $y = \frac{A}{\sqrt{m^2+x^2}}$ pour l'équation de la courbe qui termine la partie supérieure de la couche d'oxyde, m étant la distance AB, et A un coefficient dépendant du pouvoir conducteur de la solution et de la force de la pile. Cette courbe a BX pour asymptote et deux points d'inflexion aux distances BD et — BD égales à $\frac{m}{2}\sqrt{2}$, que l'on obtient à l'aide du triangle rectangle BOF dont les côtés BO et OF sont égaux à la moitié de la distance AB.

Si l'on a soin de mettre le point A très-près de B, à un demi-millimètre, on pourra négliger m^2 devant x^2, et l'é-

quation devient $y = \frac{A}{x}$, c'est-à-dire que les épaisseurs des couches d'oxyde sont sensiblement en raison inverse des diamètres des anneaux.

Ayant produit sur différentes plaques plusieurs séries d'anneaux, d'après le procédé précédent, j'ai pu observer les couleurs suivantes.

J'appelle premier anneau celui qui a le plus grand diamètre et qui correspond à la plus petite épaisseur, et je commence par les couleurs situées sur le bord extérieur.

Couleurs des anneaux formés avec le peroxyde de plomb, à partir de l'anneau extérieur.	Couleurs des anneaux transmis de Newton, à partir du centre blanc.
Premier anneau.	*Premier anneau.*
Jaune fauve, rouge violacé, bleu pâle.	Jaune, noir, violet, bleu.
Deuxième anneau.	*Deuxième anneau.*
Blanc, jaune, rouge passant au violet bleu (ces couleurs sont très-brillantes).	Blanc, jaune, rouge, violet, bleu.
Troisième anneau.	*Troisième anneau.*
Vert, jaune, rouge, bleu, bleu-verdâtre.	Vert, jaune, rouge, vert-bleuâtre.
Le quatrième anneau et les suivants sont des alternatives de rouge et de vert qui se foncent de plus en plus, de façon qu'à la fin on obtient la teinte noire de l'oxyde puce de plomb.	Le quatrième anneau et les suivants sont des alternatives de rouge et de bleu-verdâtre.

On voit, d'après l'inspection de ce tableau, que l'analogie est frappante; en outre, si l'on regarde les anneaux de peroxyde avec un verre rouge foncé, on ne voit que des anneaux brillants et obscurs, et le premier anneau obscur correspond à peu près au bleu du premier ordre; de sorte que l'épaisseur la plus petite de la couche de peroxyde donne, comme les anneaux transmis, une teinte brillante.

Ayant mesuré les rayons des anneaux obscurs et brillants obtenus en examinant deux plaques bien préparées à travers un verre rouge qui ne laisse passer que les rayons rouges correspondant aux raies B et C, j'ai obtenu les nombres suivants :

Première plaque.

Anneaux brillants.	Rayon.	Anneaux obscurs.	Rayon.
Premier anneau....	∞	Premier anneau....	39 millim.
Deuxième anneau...	21^{mm},25	Deuxième anneau..	12
Troisième anneau..	10	Troisième anneau..	8

Seconde plaque.

Premier anneau....	∞	Premier anneau.....	32 millim.
Deuxième anneau ..	17^{mm},75	Deuxième anneau...	10,75
Troisième anneau..	8 ,30	Troisième anneau...	7,0
Quatrième anneau..	5 ,5	Quatrième anneau ..	5,0
Cinquième anneau..	4 ,18		

Les valeurs de ces rayons sont les moyennes des mesures des rayons extérieurs et intérieurs des anneaux sombres.

Si ce sont des anneaux transmis, les épaisseurs doivent suivre la série des nombres pairs 0, 2, 4, 6,... pour les anneaux brillants, et celle des nombres impairs 1, 2, 3, 4,... pour les anneaux obscurs. Comme l'équation de la courbe $y = \frac{A}{\sqrt{m^2+x^2}}$ donne $y = \frac{A}{x}$ en négligeant m^2, qui est très-petit devant x^2, les épaisseurs sont en raison inverse des diamètres ou des rayons des anneaux. Dans les tableaux précédents, les produits des rayons par les rapports des épaisseurs doivent donc donner des nombres constants.

On a, en effectuant ces produits:

Première plaque.

Brillants.	$\infty \times 0 \ldots = \frac{0}{0}$	Obscurs.	$39 \times 1 = 39$ millim.
	$21{,}25 \times 2 = 42^{mm}{,}5$		$13 \times 3 = 39$
	$10 \times 4 = 40{,}0$		$8 \times 5 = 40$

Seconde plaque.

Brillants.	$\infty \times 0 = \frac{0}{0}$	Obscurs.	$32 \times 1 = 32$
	$17{,}75 \times 2 = 35{,}5$		$10{,}75 \times 3 = 32{,}25$
	$8{,}30 \times 4 = 33{,}2$		$7 \times 5 = 35$
	$5{,}5 \times 6 = 33{,}0$		$5 \times 7 = 35$
	$4{,}18 \times 8 = 33{,}44$		

Ces produits pour chaque plaque sont sensiblement égaux; ainsi, il est bien démontré que ce sont des anneaux colorés analogues aux anneaux transmis de Newton, et nullement aux anneaux réfléchis.

J'ai voulu vérifier si les rapports des épaisseurs correspondant aux anneaux d'un même ordre obtenus à l'aide des différents rayons du spectre, donnaient aussi les rapports des longueurs d'ondulation de ces rayons.

J'ai préparé avec grand soin une plaque comme précédemment, et j'ai déterminé avec un compas les diamètres des anneaux obscurs des deuxième et troisième ordres, en projetant successivement, suivant un diamètre déterminé, les différentes parties du spectre solaire épuré, et présentant les raies noires de Fraunhofer.

J'ai obtenu les nombres suivants :

Raies du spectre.	Anneau obscur de deuxième ordre. Diamètres.	Anneau obscur de troisième ordre. Diamètres.
	mm	mm
G..................	29,0	21,0
F..................	27,5	18,5
E..................	26,0	17,5
D..................	23,0	16,25
B..................	20,75	14,5

En désignant par 1 l'épaisseur correspondant au rouge B, on a pour les moyennes des épaisseurs du même anneau par les différentes couleurs, ces épaisseurs étant en raison inverse des diamètres

B........	1
D........	0,897
E........	0,812
F........	0,769
G........	0,702

Ces épaisseurs doivent être proportionnelles aux longueurs d'ondulation; or, la longueur d'ondulation correspondant

à peu près au rouge vers B est 645 millionièmes de millimètre d'après Fresnel. On a alors pour les autres les nombres suivants, que je mets en regard de ceux qui ont été déterminés par Fresnel à l'aide des interférences :

Raies.	Peroxyde de plomb.	Couleurs du spectre.	Longueurs d'onde d'après Fresnel.
	millioniem. de millim.		million. de millim.
B.........	645	Rouge.	645
D.........	578	Jaune orangé.	571
E.........	523	Vert-jaune.	532
F.........	497	Bleu-vert.	492
G.........	452	Violet indigo.	439

Ces nombres sont à peu près les mêmes si l'on a égard aux positions des raies dans le spectre, la raie E n'étant pas à la limite du vert et du jaune, mais dans le vert; et G dans l'indigo.

Ainsi les anneaux suivent les lois des anneaux transmis. Lorsqu'on produit les anneaux sur des plaques métalliques d'après le procédé indiqué plus haut, comme les premières pellicules ne donnent pas lieu à un anneau noir, on voit la couleur jaunâtre se former en regard de la pointe du conducteur négatif. Cette tache s'agrandit, prend la forme d'anneau qui s'élargit peu à peu; puis un second anneau prend naissance, semble repousser le précédent, et ainsi de suite à mesure que l'épaisseur augmente.

Si la distance que nous avons nommée m est très-petite, les anneaux extrêmes sont très-grands par rapport aux anneaux centraux; mais si m est très-grand, ce qui revient à mettre le conducteur loin de la plaque, la couleur qui se manifeste paraît presque uniforme sur la plaque; c'est même le procédé que mon père emploie pour colorer uniformément une surface.

Si pour former les anneaux colorés on prenait, au lieu

d'une pointe métallique, un fil d'une certaine longueur perpendiculaire à la surface de la plaque, on pourrait encore avoir le rapport des épaisseurs des différents anneaux, mais à l'aide d'une formule plus compliquée.

En effet, soient BX, *fig.* 2, la plaque métallique, et AE la portion du fil plongé dans le liquide. Soient P un des points de ce fil, et C un des points de la plaque; d'après ce que nous avons vu précédemment, on pourra supposer que PC soit la direction suivant laquelle agit le courant électrique. L'épaisseur du dépôt en C résultant de l'action de l'électricité sera $\frac{Adz}{\sqrt{z^2+x^2}}$, en faisant $BC = x$, $BP = z$, et dz étant l'élément de longueur du fil par où s'échappe l'électricité en P.

Pour avoir l'épaisseur totale de la couche en C, épaisseur résultant de l'action de toutes les parties de AE, il faudra prendre l'intégrale définie $\int_m^n \frac{Adz}{\sqrt{z^2+x^2}}$, en faisant $AB = m$, $EB = n$ et x restant constant. Appelant y cette épaisseur, on aura, en intégrant, $y = Al\frac{n+\sqrt{x^2+n^2}}{m+\sqrt{x^2+m^2}}$, pour l'équation de la courbe qui termine la surface supérieure de la couche d'oxyde.

Les anneaux formés dans cette circonstance ne sont pas aussi tranchés, quoique les couleurs soient aussi belles que précédemment; ceux qui sont extérieurs sont plus serrés, les autres le sont moins. Quand on produit ces anneaux sur d'autres métaux, on a toujours des anneaux transmis; seulement, si on les dépose sur des métaux colorés, la couleur du métal peut se mêler à celle des anneaux. Pour conserver les couleurs sur les plaques, il est bon de les placer sous une lame de verre, afin de préserver le peroxyde de plomb de l'action de l'air humide et des vapeurs acides.

Le peroxyde de manganèse donne lieu à des couleurs qui ont la même origine.

SUR LA COMPOSITION DES TANTALITES ET SUR UN NOUVEAU MÉTAL QU'ON RENCONTRE DANS LA TANTALITE DE BAVIÈRE;

PAR M. HENRI ROSE.

(Traduit des *Annales de Poggendorff*, tome LXIII, page 317.)

L'acide tantalique fut découvert presque simultanément par Hatchett et par Ekeberg, mais c'est Hatchett qui l'a annoncé le premier. Il l'a trouvé en 1801 dans un minerai noir (columbite, tantalite) de Massachussetts. Il décomposait le minerai en le fondant à plusieurs reprises avec du carbonate de potasse, traitait la masse fondue par l'eau bouillante, et précipitait l'acide tantalique de la dissolution alcaline au moyen de l'acide azotique. Il a reconnu que le précipité blanc obtenu était l'oxyde d'un nouveau métal qu'il a nommé *columbium*, mais il n'a pas réussi à le réduire à l'état métallique (1). Ekeberg, à qui la découverte de Hatchett est restée inconnue, a trouvé l'acide tantalique dans deux minerais: dans un minéral de Kimito, en Finlande, appelé par lui *tantalite*, et dans un minerai d'Itterby, en Suède, appelé *ittrotantale;* ce dernier se présente souvent avec la gadolinite. Dans son Mémoire, qui a paru peu de temps avant sa mort, il ne donne pas une description détaillée du procédé qu'il a employé pour la décomposition du minerai, et ne cite qu'un petit nombre des propriétés du nouvel oxyde qu'il a découvert; mais celles qu'il a indiquées étaient suffisantes pour le distinguer des autres oxydes connus. Il fait remarquer qu'il est seulement soluble dans la potasse caustique, que les acides le précipitent de cette dissolution, et que le précipité n'est pas soluble dans un excès d'acide. Pour indiquer cette propriété, il a appelé le

---

(1) *Annales de Chimie de Crell,* année 1802, tome I, page 357.

métal de cet oxyde *tantale;* mais il n'a pas, lui non plus, réduit l'oxyde à l'état métallique (1).

Plus tard, Klaproth a confirmé la composition du tantalite de Finlande, annoncée par Ekeberg, et les propriétés de la nouvelle substance qu'on y rencontre; mais, d'après lui, cette substance n'était pas un oxyde métallique, mais une terre, qu'il a appelée *terre de tantale.*

Wollaston a prouvé ensuite que l'oxyde de columbium, découvert par Hatchett dans le tantalite de l'Amérique du Nord, ou dans la columbite, est identique avec l'oxyde de tantale, découvert par Ekeberg dans le tantalite de Finlande; mais il a observé en même temps que les deux espèces de tantalites diffèrent beaucoup par leurs poids spécifiques (2).

Enfin on a découvert le tantalite à Bodenmais, en Bavière. On l'avait pris d'abord pour de la pechblende et même du wolfram; mais Gehlen a déterminé sa composition et prouvé qu'il est identique avec les tantalites de l'Amérique du Nord et de Finlande. A. Vogel a confirmé l'opinion de Gehlen par une analyse quantitative (3).

Cependant les recherches de Hatchett, de Ekeberg, de Klaproth, de Wollaston et de Gehlen étaient trop peu complètes pour nous donner une idée exacte de la composition des tantalites et des caractères chimiques de l'oxyde de tantale. Les travaux de M. Berzelius, qu'il a publiés soit seul, soit conjointement avec Gahn et Eggertz, en ont agrandi le cercle.

M. Berzelius fut poussé à ce travail par la découverte des tantalites, dans les environs de Fahlun, en Suède; mais le tantalite qu'on rencontre dans cette localité est bien moins pur et moins abondant que dans les autres localités con-

(1) *Annales de Chimie de Crell,* annee 1803, tome I, page 1.

(2) *Journal de Schweigger,* tome I, page 520.

(3) *Journal de Schweigger,* tome VI, page 256, et tome XXI, page 60.

nues (1). M. Berzelius a trouvé dans le tantalite de Finbo, près Fahlun, outre les corps qui constituent les autres tantalites, c'est-à-dire l'oxyde de tantale, les protoxydes de fer et de manganèse, une grande quantité de bioxyde d'étain, de la chaux; et, dans le tantalite de Broddbo, près Fahlun, outre le bioxyde d'étain, de l'acide tunsgtique. D'un autre côté, on avait trouvé près Finbo un minerai d'étain, qui, outre les corps qui l'accompagnent ordinairement, le peroxyde de fer et quelques traces de protoxyde de manganèse, contenait de l'oxyde de tantale. Nous allons voir plus bas que les tantalites de toutes les autres localités sont bien moins impurs que ceux des environs de Fahlun, qui, de plus, se présentent en bien petite quantité. Mais les corps qui accompagnent les premiers sont d'une grande importance pour se faire une idée exacte des propriétés chimiques de l'oxyde de tantale; ils font voir que ce dernier joue le rôle d'un acide. Gahn avait déjà prouvé, au moyen du chalumeau, la présence de l'étain dans le tantalite; il pensait que l'oxyde de tantale n'était rien autre chose que du bioxyde d'étain combiné à une terre; mais il ne donna pas de détails sur la nature de cette terre (2).

M. Berzelius a employé le bisulfate de potasse pour décomposer le tantalite. Il est le premier qui ait fait usage avec succès de ce sel pour attaquer les minerais qui résistent aux autres réactifs dissolvants; l'emploi de ce sel est devenu postérieurement d'une très-grande importance. M. Berzelius a essayé ensuite de réduire l'oxyde de tantale, et de déterminer la quantité d'oxygène qu'il contient; il a analysé en même temps le tantalite de Finlande, et l'ittrotantale d'Itterby. Il a trouvé, en analysant plus tard un tantalite de Kimito, dont la poudre était d'un brun de cannelle, un excès de plusieurs unités pour 100, ce qui lui fit supposer dans ce

---

(1) *Afhandlingar i Fysik Kemi ach Mineralogi*, tome IV, page 148.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome LXI, page 258.

tantalite, un degré d'oxydation inférieur du tantale (1).

Quand on eut trouvé des procédés plus faciles pour obtenir les métaux alcalins, quand M. Berzelius eut isolé le bore et le silicium au moyen du potassium, il a essayé de réduire quelques métaux difficilement réductibles, entre autres le tantale. C'est depuis cette époque que nous avons acquis une connaissance complète du tantale et de ses combinaisons les plus remarquables. Il nous a fait connaître principalement les combinaisons du fluorure de tantale avec les fluorures métalliques. D'une combinaison double de fluorure de tantale et de potassium, il a obtenu, au moyen du potassium, le tantale métallique. Il a déterminé de nouveau la quantité d'oxygène de l'oxyde de tantale, et reconnu que ce composé est un acide, non au moyen des combinaisons du fluor, mais au moyen de la combinaison du tantale avec le soufre. Il a décrit aussi les propriétés du chlorure de tantale qu'il avait obtenu, en faisant passer un courant de chlore sur le tantale métallique (2).

En 1829, Shepard a fait quelques recherches sur le tantalite qui se trouve à Chesterfield, dans le Massachussetts, et constaté l'identité de l'acide tantalique obtenu de ce minerai, avec celui découvert par Hatchett (3).

En 1836 a paru un Mémoire de Th. Thomson sur les minerais contenant du tantale. Ce chimiste, d'après mon frère (4), réunit le tantalite de la Bavière avec le tantalite de l'Amérique du Nord, examiné par Hatchett; mais il fit une espèce à part d'un tantalite qui se trouve à Middleton, dans le Connecticut, qui est d'un poids spécifique inférieur, et qu'il appelle *torrelite*. Le tantalite de Kimito, en Finlande, examiné par Ekeberg et Berzelius, constitue la troisième espèce. Enfin, le tantalite de Finlande qui a donné à

(1) *Afhandlingar*, tome VI, page 237.
(2) *Annales de Poggendorff*, tome IV, page 6.
(3) *American journal*, tome XVI, page 220.
(4) *Éléments de cristallographie*, 1re édition, page 168.

M. Berzelius dans son analyse un excès de poids, forme la quatrième espèce sous le nom de *ferrotantalite* (1).

Les recherches les plus récentes sur l'acide tantalique ont été publiées par M. Voehler. En examinant en 1838 le pyrochlore, regardé jusque-là comme une combinaison de titane, il a découvert que c'est une combinaison de tantale, et nous a fait connaître en même temps plusieurs propriétés inconnues de l'acide tantalique. Il a fait observer que l'acide tantalique contenant de l'acide sulfurique, et obtenu en le faisant fondre dans du bisulfate de potasse, traitant la masse fondue par l'eau, se dissout dans l'acide chlorhydrique à l'aide du zinc, en donnant une dissolution bleue, propriété qui, jusque-là, était attribuée seulement aux acides titanique, tungstique et molybdique. Il a trouvé que le chlorure de tantale, obtenu en mêlant l'acide tantalique avec du charbon, exposant à une haute température et faisant passer un courant de chlore, était tantôt incolore, tantôt coloré en jaune, et a essayé de prouver que la modification incolore était une combinaison de chlorure de tantale avec l'acide tantalique (2). L'acide tantalique a été trouvé non-seulement dans le pyrochlore, mais aussi dans le fergusonite par V. Hartwall (3), dans l'uranotantale par mon frère (4), dans l'euxénite et le woehlerite par Th. Scheerer (5), et dans l'æschynite par R. Hermann (6). M. Nordenskiold fait remarquer qu'on a trouvé le tantalite, non-seulement à Kimito, mais dans six localités différentes en Finlande; il a décrit le tantalite de Finlande, et a fait connaître sa forme cristalline (7).

---

(1) *Journal de Chimie pratique,* tome XIII, page 217, et *Annales de Poggendorff,* tome LIII.

(2) *Annales de Poggendorff,* tome XLVIII, page 83.

(3) *Annales de Poggendorff,* tome XVI, page 479.

(4) *Annales de Poggendorff,* tome XLVIII, page 555.

(5) *Annales de Poggendorff,* tome I, page 149.

(6) *Journal de Chimie pratique,* tome XXXI, page 89.

(7) *Annales de Poggendorff,* tome I, page 656.

Il y a plus de quatre ans que je m'occupe de l'examen des tantalites de différentes localités, et de l'acide tantalique qu'on en retire. Une observation de mon frère m'a décidé à entreprendre ces recherches. Il a trouvé que les tantalites de Bodenmais, en Bavière, et les tantalites de l'Amérique du Nord ont la même forme cristalline que le wolfram. Le comte Schaffgotsch ayant prouvé dans ce dernier l'existence de l'oxyde de tungstène, il est très-probable, d'après l'isomorphisme, que l'oxyde de tungstène et l'acide tantalique ont une composition identique, si l'on n'admet pas dans les tantalites un degré d'oxydation inférieur à l'acide tantalique, supposition qui, comme on le verra dans les Mémoires que je publierai plus tard, paraît être la plus probable.

D'un autre côté il me paraissait très-vraisemblable, d'après les analyses du tantalite et du minerai d'étain des environs de Fahlun, exécutées par M. Berzelius, que l'acide tantalique est composé de 1 atome de métal et de 2 atomes d'oxygène. M. Berzelius avait trouvé, dans un minerai d'étain, l'acide tantalique, et dans les tantalites, de l'oxyde d'étain et de l'acide tungstique, mais obligé d'admettre la présence de ce dernier, non à l'état d'acide, mais à l'état d'oxyde. La coexistence de l'acide titanique et de l'acide tantalique dans le pyrochlore, dans l'euxenite et dans l'æschynite peut s'expliquer facilement par la même composition qu'ils présentent tous les deux.

Un autre fait remarquable qui m'a décidé à entreprendre des recherches sur les tantalites, est que les tantalites de la même localité ou des localités différentes, ayant la même forme cristalline et la même composition chimique, diffèrent entre eux par leurs poids spécifiques. Wollaston, en comparant l'acide tantalique obtenu du tantalite de l'Amérique du Nord avec l'acide tantalique retiré des tantalites de Finlande, fut le premier qui attira l'attention sur la différence du poids spécifique des tantalites. Cependant ce fait est moins remarquable, en tant que le tantalite trouvé

en premier lieu ne présentait pas une forme cristalline nette, tandis que la forme cristalline du tantalite de Finlande, décrite par M. Nordenskiold, diffère de celle du tantalite de l'Amérique du Nord et de Bodenmais, qui ont, comme je l'ai mentionné plus haut, une forme identique avec le wolfram.

Qu'il me soit permis, avant de passer aux résultats des analyses que j'ai exécutées moi-même, ou que j'ai fait exécuter par de jeunes chimistes dans mon laboratoire, de passer en revue les analyses des différents tantalites qui inspirent quelque confiance. C'est à M. Berzelius que nous sommes redevables de la plupart de ces analyses.

Tantalites des environs de Fahlun.

Ces tantalites ont cela de remarquable, qu'ils sont plus riches en oxyde d'étain et en oxyde tungstique que les autres tantalites, et que si on les avait trouvés cristallisés, ils nous auraient démontré immédiatement l'isomorphisme de l'acide tantalique, du bioxyde d'étain et de l'acide tungstique, ou, comme on le verra par des publications ultérieures, l'isomorphisme des degrés inférieurs d'oxydation de l'étain, du tungstène et du tantale. On a changé en protoxydes les quantités trouvées de sesquioxyde de fer et de manganèse; l'acide tungstique est donné à l'état d'acide et non d'oxyde de tungstène.

I. — *Tantalite de Finbo.*

	I.		II.	
Acide tantalique.........	66,99		12,22	
Bioxyde d'étain...........	16,75		83,65	
Protoxyde de fer..........	6,89		1,96	
Protoxyde de manganèse...	7,16		1,10	
Chaux....................	2,40		1,40	
	100,19	Berzelius.	100,33	Berzelius.

Le poids spécifique n'est pas indiqué.

On voit clairement que le n° II est un oxyde d'étain natif, dans lequel une partie de bioxyde est remplacée par l'acide tantalique. Le fait est encore confirmé par l'analyse

d'un oxyde d'étain natif de Finbo, cristallisé en petits octaèdres :

Bioxyde d'étain	93,6
Acide tantalique	2,4
Sesquioxyde de fer	1,4
Sesquioxyde de manganèse	0,8
	98,2 Berzelius.

On a trouvé pour le poids spécifique de cet oxyde d'étain natif, 6,55.

Tantalite de Broddbo.

Acide tantalique	66,66	68,22	68,345	
Bioxyde d'étain	8,02	8,26	8,400	
Acide tungstique	5,78	6,19	6,120	
Protoxyde de fer	9,55	8,60	10,504	
Protoxyde de manganèse	9,17	6,43	5,900	
Chaux	"	1,19	1,500	
	99,18	98,89	98,769	Berzelius.

Le poids spécifique de ce tantalite était de 6,208 à 6,291.

II. — TANTALITES DE FINLANDE.

Tantalite de Kimito.

1. Tantalite dont la poudre est d'un brun de café :

Acide tantalique	83,2
Bioxyde d'étain	0,6
Protoxyde de fer	7,2
Protoxyde de manganèse	7,4
	98,4 Berzelius.

Poids spécifique, 7,236, Ekeberg; 7,03 à 7,3, Nordenskiold; 7,05 à 7,352, Berzelius.

2. Tantalite dont la poudre est d'un brun de cannelle :

Acide tantalique	85,85
Bioxyde d'étain	0,80
Protoxyde de fer	12,94
Protoxyde de manganèse	1,60
Chaux	0,56
Silice	0,72
	102,47 Berzelius.

Poids spécifique, 7,936, Ekeberg; 7,655, Nordenskiold et Berzelius (1).

M. Berzelius, pour expliquer l'excès de poids de l'analyse 2, pense que le minerai contient une partie du tantale à un degré d'oxydation inférieure.

3. Tantalite d'une autre localité de Finlande (Famela?) en cristaux :

Acide tantalique........	83,44
Protoxyde de fer........	13,75
Protoxyde de manganèse.	1,12
Bioxyde d'étain.........	traces.
	98,31 Nordenskiold.

Poids spécifique, 7,264.

III. — *Tantalite de Bodenmais.*

	I. Poids spéc., 6,464.	II.	III. Poids spéc., 6,038.
Acide tantalique.......	75,0	75,0	79,60
Protoxyde de fer........	17,0	20,0	14,00
Protoxyde de manganèse.	4,5	4,0	7,55
Bioxyde d'étain........	1,0	0,5	0,50
Eau.................	"	"	0,05
	97,5	99,5	101,70
	Vogel.	Dunin, Borkowsky.	Th. Thomson.

IV. — *Tantalite de l'Amérique du Nord.*

On n'a examiné de ce tantalite qu'une seule variété de Middleton, dans le Connecticut, d'un poids spécifique très-léger (4,8038).

Acide tantalique........	73,90
Protoxyde de fer........	15,65
Protoxyde de manganèse.	8,00
Eau..................	0,35
	97,90 Th. Thomson.

Je me suis d'abord occupé de l'analyse des tantalites de Bodenmais. J'ai observé qu'ils diffèrent entre eux par la couleur quand ils sont réduits en poudre, et par leur poids

(1) D'après M. Breithaupt, le poids spécifique du tantalite de Kimito est 7,801 à 7,841.

spécifique. D'après M. Breithaupt, le poids spécifique du tantalite de Bodenmais est 6,323 à 6,462.

Pour faire l'analyse, je me suis servi du procédé employé avec tant de succès par M. Berzelius dans les analyses des tantalites. Le minerai réduit en poudre très-fine fut fondu dans un creuset de platine avec du bisulfate de potasse. La masse fondue fut traitée avec une grande quantité d'eau; on fit bouillir la partie insoluble avec de l'eau, ensuite on filtra et on lava. L'acide sulfhydrique a produit dans la dissolution filtrée un léger précipité, composé de sulfure de cuivre mélangé avec de petites quantités de sulfure d'étain et de sulfure de plomb. Le précipité séparé par le filtre, on a dosé les oxydes de fer, de manganèse, et la chaux par les méthodes connues. L'acide tantalique insoluble fut traité par l'ammoniaque et l'hydrosulfate d'ammoniaque. Il a noirci faiblement à cause du sulfure d'étain qui a été enlevé par un excès d'hydrosulfate d'ammoniaque, ensuite on l'a traité par l'acide chlorhydrique, qui a dissous un peu de fer. Lavé, desséché et calciné, il a été pesé.

I. — *Tantalite cristallisé de Bodenmais.*

Sa poudre était noire et le poids spécifique 6,390. Il m'a donné à l'analyse :

Acide tantalique..........	81,07
Protoxyde de fer.........	14,30
Protoxyde de manganèse...	3,85
Bioxyde de cuivre impur..	0,13
Bioxyde d'étain...........	0,45
Chaux...................	traces.
	99,80

Une autre analyse, exécutée sur un échantillon différent, m'a donné :

Acide tantalique..........	81,34
Protoxyde de fer.........	13,89
Protoxyde de manganèse...	3,77
Bioxyde de cuivre impur..	0,10
Bioxyde d'étain...........	0,19
Chaux...................	traces.
	99,29

II. — *Tantalite de Bodenmais.*

Réduit en poudre, il présentait une couleur rouge-brune foncée. En morceaux le poids spécifique fut trouvé de 5,701, une autre fois 5,704; réduit en poudre, 5,6996:

Acide tantalique..........	79,68
Protoxyde de fer..........	15,10
Protoxyde de manganèse...	4,65
Bioxyde de cuivre impur..	0,12
Bioxyde d'étain...........	0,12
Chaux..................	traces.
	99,67

III. — *Tantalite de Bodenmais.*

Sa poudre était moins brune que celle du précédent; elle était pour ainsi dire noire. Le poids spécifique fut trouvé 6,021; en poudre, 6,078. L'analyse fut exécutée par le capitaine Afdéef de Catharinebourg.

Acide tantalique.........................	80,64
Protoxyde de fer.........................	15,33
Protoxyde de manganèse.................	4,65
Chaux...............................	0,21
Bioxyde d'étain conten. du bioxyde de cuivre	0,105
	100,935

IV. — *Tantalite de Bodenmais, donné par M. Wagner, ingénieur des Mines de Munich.*

Sa poudre était d'un rouge brun foncé, le poids spécifique de cette poudre 5,976. L'analyse fut exécutée par M. Jacobson.

Acide tantalique.........	79,732
Protoxyde de fer.........	14,768
Protoxyde de manganèse..	4,772
Bioxyde de cuivre impur.	1,512
Bioxyde d'étain..........	0,102
	100,886

N'ayant pu me procurer autant de tantalites de l'Amérique du Nord que je l'aurais désiré, le nombre des analyses que j'ai pu faire est assez limité.

I. — *Tantalite de l'Amérique du Nord, d'une localité inconnue.*

L'échantillon m'a été donné, il y a longtemps, par M. Dumas, pendant mon séjour à Paris. Il est d'une grosseur considérable, il a 40 millimètres de longueur, il pèse 3 ½ loths (1), et on remarque quelques surfaces cristallines. Ce tantalite a été remis à M. Dumas avec d'autres échantillons, par un Américain, et c'est de là seulement qu'on a supposé qu'il vient de l'Amérique. J'ai séparé, sans trop toucher au gros du cristal, quelques fragments, pour en faire l'analyse; le cristal lui-même a enrichi la collection du Musée royal de Berlin.

Réduit en poudre, il a présenté une couleur rouge-brune foncée; son poids spécifique en morceaux fut trouvé 5,708. L'analyse m'a donné :

Acide tantalique........	79,62
Protoxyde de fer.........	16,37
Protoxyde de manganèse.	4,44
Bioxyde de cuivre impur..	0,06
Bioxyde d'étain..........	0,47
Chaux..................	traces.
	100,96

II. — *Tantalite de Middleton, dans le Connecticut (Amérique du Nord), tiré du Musée royal.*

Sa poudre était rouge-brune. D'après l'étiquette, ce tantalite serait de la même localité que celui examiné par Thomson, et qui se faisait remarquer par son poids spécifique si léger. J'ai donc, pour cette raison, pris, à différentes reprises et sur différents fragments, son poids spécifique, et quoique j'aie trouvé ce poids inférieur à celui des autres tantalites, je l'ai trouvé cependant plus considérable que ne le donne Thomson. L'analyse aussi m'a donné bien plus d'acide tantalique qu'à Thomson ; de sorte qu'il est très-probable que, dans cette

(1) 2 loths font 30 grammes.

localité de l'Amérique du Nord, on trouve des tantalites d'une composition et d'un poids spécifiques très-différents.

Le poids spécifique déterminé par M. Jacobson fut trouvé 5,472 en morceaux; 5,486 réduit en poudre assez fine, par M. Brooks; sur d'autres fragments, réduit en poudre grossière, 5,489, par M. Schlieper; en morceaux, 5,469; en poudre, 5,475; une autre fois, 5,495.

L'analyse fut exécutée par M. Schlieper d'Elberfeld. Le résultat est :

Acide tantalique.......	78,830
Protoxyde de fer........	16,656
Protoxyde de manganèse.	4,705
Bioxyde de cuivre impur.	0,071
Bioxyde d'étain.........	0,292
Chaux.................	0,452
Oxyde de nickel........	0,220
	101,226

Les tantalites de Finlande diffèrent essentiellement par leur poids spécifique plus élevé, et quand ils sont cristallisés, par leur forme cristalline. Mais le poids spécifique des fragments des diverses localités de Finlande varient comme dans les autres tantalites; cependant la différence est renfermée dans des limites plus étroites que dans les tantalites de Bavière et de l'Amérique du Nord.

I. — *Tantalite de Famela en morceaux non cristallisés.*

Ce tantalite m'a été donné par M. Berzelius, sa poudre était d'un rouge-brun foncé. Son poids spécifique fut trouvé en poudre 7,197, par M. Jacobson, qui l'a soumis aussi à l'analyse, dont le résultat est :

Acide tantalique........	84,15
Protoxyde de fer........	14,68
Protoxyde de manganèse.	0,90
Chaux..................	0,07
Bioxyde de cuivre impur.	1,81
Bioxyde d'étain.........	0,32
	101,93

Une seconde analyse, exécutée par M. Brooks, a donné :

Acide tantalique........	84,70
Protoxyde de fer........	14,29
Protoxyde de manganèse.	1,78
Bioxyde de cuivre impur.	0,04
Bioxyde d'étain.........	0,50
	101,31

II. — *Tantalite de la même localité en cristaux, donné par M. le baron de Meyendorf.*

Son poids spécifique fut déterminé par M. Wornum : en morceaux, il est 7,1877; en poudre, 7,144, 7,112 et 7,155; ayant employé trois différentes quantités pour sa détermination. L'analyse fut exécutée par M. Wornum, de Londres; son résultat est :

Acide tantalique........	77,831
Protoxyde de fer........	8,474
Protoxyde de manganèse.	4,885
Chaux.................	0,497
Bioxyde de cuivre impur.	0,241
Bioxyde d'étain.........	6,807
	98,735

Les deux tantalites examinés avaient un poids spécifique moins élevé que celui trouvé par M. Nordenskiold pour le tantalite de Famela. Cependant, parmi les échantillons de Famela qui me furent donnés par M. de Meyendorf, il y en avait plusieurs dont le poids spécifique était même plus élevé. M. Brooks a trouvé dans un tantalite qui n'a pas été analysé quantitativement, mais qui a servi pour la préparation de l'acide tantalique, un poids de 7,476 en morceaux, et de 7,510 réduit en poudre grossière.

Il fallait, pour acquérir une idée juste de la composition des tantalites de Bodenmais et de l'Amérique du Nord, soumettre l'acide tantalique obtenu à des recherches très-précises. Si l'on compare la quantité d'oxygène de l'acide tantalique obtenu des minerais de ces localités et admise jusqu'à présent, avec la quantité d'oxygène des bases, protoxyde de fer et protoxyde de manganèse, on voit que le rapport

qui existe entre eux n'est pas simple. Ce rapport est, au contraire, simple dans les tantalites de Finlande; il est de 3 : 1. Cette circonstance, jointe à celle de la différence dans le poids spécifique des tantalites de Bavière et de l'Amérique du Nord, m'a fait entreprendre un travail long, pénible, qui m'a coûté beaucoup de temps, et dont les résultats seront consignés dans plusieurs Mémoires.

Je n'aurais pas pu donner à ce travail l'extension qu'il a eue si je n'avais pu me procurer, par l'entremise de M. le docteur Wiltstein, de Munich, une quantité considérable, plus d'une demi-livre, des tantalites de Bavière à un prix très-modéré. Je dois à cette circonstance d'avoir pu exécuter mes recherches sur une plus grande échelle. Après avoir longtemps étudié l'acide tantalique des tantalites de Bavière, je n'aurais pas pu le comparer avec l'acide tantalique retiré des tantalites de Finlande, acide avec lequel M. Berzelius avait exécuté la plupart de ses recherches, si M. Berzelius ne m'avait pas offert quelques échantillons des tantalites de Famela. Mais la quantité d'acide tantalique obtenue de ces minéraux n'était pas suffisante pour donner à mes recherches cette extension qu'elles ont acquise, quand M. de Meyendorf a mis à ma disposition toute sa collection des tantalites de Famela; c'est à sa libéralité que je dois d'avoir pu comparer d'une manière très-détaillée les acides tantaliques retirés des tantalites de Bavière et de Finlande.

Je n'ai pu m'occuper de l'acide tantalique obtenu du tantalite de Finlande qu'au commencement de cette année. Les premières recherches ont été toutes exécutées sur l'acide tantalique retiré du tantalite de Bavière, et en partie sur l'acide tantalique du tantalite de l'Amérique du Nord. La première chose qui m'a frappé, c'est qu'obtenu de différents cristaux, il présentait un poids spécifique différent, et plus le poids spécifique du tantalite employé était élevé, plus l'était aussi celui de l'acide tantalique obtenu. Les exemples suivants confirmeront cette observation.

1. Tantalite de Bodenmais présentant une poudre noire, d'un poids spécifique, 6,390, analysé par moi. Poids spécifique de l'acide obtenu, 6,542.

2. Tantalite de Bodenmais d'une poudre rouge-brune foncée, d'un poids spécifique de 6,021 à 6,078, analysé par Afdéef. Poids spécifique de l'acide obtenu, 6,13.

3. Tantalite de Bodenmais, rouge-brun foncé en poudre, d'un poids spécifique de 5,701 à 5,6996, analysé par moi. Poids spécifique de l'acide obtenu, 5,605.

4. Tantalite de l'Amérique du Nord, rouge-brun foncé en poudre, d'un poids spécifique de 5,708, analysé par moi. Poids spécifique de l'acide obtenu, 5,452.

Le poids spécifique le moins élevé que j'aie trouvé fut celui d'un acide tantalique retiré de l'uranotantale de Sibérie, dont je publierai l'analyse dans un Mémoire prochain. Mais la quantité employée pour la détermination était trop peu considérable pour qu'elle puisse inspirer une confiance entière.

J'attribuai d'abord quelque importance à ces recherches; mais, quand j'ai trouvé plus tard que le poids spécifique de l'acide titanique variait suivant qu'il a été exposé à une température plus ou moins élevée, je n'ai plus donné suite à ces recherches.

Cependant cette circonstance m'a fait supposer, dans l'acide tantalique du tantalite de Bodenmais, l'existence non d'un seul acide, mais de plusieurs acides, dont le mélange variable pouvait expliquer les différences dans le poids spécifique des tantalites et des acides tantaliques qu'on en retire.

Quand j'ai essayé de séparer les différents acides de l'acide tantalique du tantalite de Bavière, j'ai rencontré des difficultés sérieuses que je n'ai réussi à surmonter qu'en comparant ces divers acides avec l'acide tantalique obtenu du tantalite de Finlande.

Je publierai ce travail en détail dans d'autres Mémoires;

ici je ne donnerai que les résultats les plus remarquables.

Je pense que l'acide tantalique obtenu des tantalites de Finlande est seul un acide pur, qui ne contient pas d'autres substances; il est identique avec l'acide décrit par M. Berzelius dans ses Mémoires et dans les anciennes éditions de son *Traité de Chimie*.

Ce n'est que dans la dernière édition que M. Berzelius attribue à l'acide tantalique, d'après les résultats de Woehler, qui a employé dans ses recherches un acide retiré du pyrochlore et des tantalites de Bavière, quelques propriétés que ne possède pas l'acide obtenu du tantalite de Finlande. C'est à cet acide seul qu'il faut conserver le nom d'*acide tantalique*. L'acide obtenu des tantalites de Bavière, dont M. Berzelius ne s'est jamais occupé, est composé de deux acides, dont l'un ressemble beaucoup à l'acide tantalique retiré des tantalites de Finlande, et qui fera le sujet d'un prochain Mémoire; l'autre ressemble aussi à l'acide tantalique, mais en diffère par beaucoup de propriétés essentielles : c'est l'oxyde d'un métal qui diffère des métaux connus; je le nomme *niobium*, et son oxyde *acide niobique*, de Niobé, fille de Tantale, nom qui rappelle la ressemblance de deux métaux et de leurs oxydes.

L'acide tantalique et l'acide niobique sont deux acides métalliques qui ont la plus grande ressemblance avec l'acide titanique et le bioxyde d'étain; on peut même attribuer à tous les quatre la même composition atomique. L'acide tantalique et l'acide niobique sont incolores à l'état d'hydrate et à l'état anhydre; tous les deux présentent le phénomène d'ignition quand ils passent de l'état hydraté à l'état anhydre. Quand on chauffe l'acide tantalique calciné, il se colore légèrement en jaune : l'acide niobique, dans la même circonstance, prend une couleur jaune très-prononcée. Après le refroidissement, tous les deux deviennent incolores comme avant la calcination. L'acide tantalique présente, après la calcination, une poudre sans éclat; l'acide niobi-

que, des fragments d'un grand éclat, comme l'acide titanique, précipité par l'ammoniaque et calciné ensuite, avec cette différence que la couleur de ce dernier est brunâtre, tandis que l'acide niobique reste blanc.

Les acides tantalique et niobique se combinent aisément aux alcalis, et chassent, par la fusion, l'acide carbonique des carbonates alcalins. Cependant l'acide niobique forme une combinaison plus fusible que l'acide tantalique.

Les combinaisons des deux acides avec la potasse et la soude sont solubles dans l'eau, mais il y a une grande différence dans l'action qu'exercent ces deux alcalis sur l'acide tantalique et l'acide niobique. Les deux combinaisons sont solubles dans un excès d'une dissolution de potasse caustique et de carbonate de potasse, et difficilement solubles dans un excès de soude caustique ou de carbonate de soude; mais le niobate de soude est bien plus insoluble dans un excès de soude, que le tantalate de soude ; il est même presque insoluble. Quand on a fondu l'acide tantalique avec du carbonate de soude, la masse fondue ne se dissout pas complétement, il s'en faut même, dans l'eau; la majeure partie reste insoluble et forme avec l'eau un liquide trouble. Si l'on fond, au contraire, l'acide niobique avec le carbonate de soude, on obtient le niobate en petits cristaux bien distincts, ou en une poudre cristalline qui a la propriété de se dissoudre complétement dans l'eau.

Les acides précipitent les acides tantalique et niobique de leurs combinaisons alcalines ; c'est surtout l'acide sulfurique qui les précipite d'une manière plus complète que les autres acides. L'acide sulfurique précipite l'acide tantalique à froid, mais incomplétement ; à chaud, par l'ébullition, complétement. L'acide niobique est, au contraire, précipité complétement, même à froid, au moyen de cet acide. Le tantalate de soude en dissolution, traité par l'acide chlorhydrique, produit seulement un léger trouble qui disparait même presque complétement par un excès d'acide; en fai-

sant bouillir le tout, l'acide tantalique se précipite, mais incomplétement. Si l'on verse de l'acide sulfurique dans une dissolution d'acide tantalique dans l'acide chlorhydrique, on produit un précipité. La dissolution de niobate de soude, traitée par l'acide chlorhydrique, se trouble fortement; mais tout l'acide niobique n'est pas précipité à froid : il faut faire bouillir le mélange pour le précipiter complétement. Mais si l'on a employé un grand excès d'acide chlorhydrique, on ne peut plus précipiter tout l'acide niobique, même en faisant bouillir.

L'acide oxalique ne produit pas de précipités dans les dissolutions de tantalate et de niobate alcalins; s'il y a un trouble dû à un excès d'alcali, ce trouble disparaît par un excès d'acide. L'acide acétique produit, au contraire, des précipités dans ces dissolutions : de même le chlorhydrate d'ammoniaque.

Si l'on aiguise une dissolution de tantalate de soude par l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique, et que l'on verse ensuite une infusion de noix de galle, on produit un précipité jaune clair. Le précipité se produit même dans une dissolution de l'acide tantalique dans l'acide chlorhydrique. Si l'on a précipité l'acide tantalique par l'acide sulfurique, et qu'on traite le précipité blanc obtenu par une infusion de noix de galle, ce précipité prend une coloration jaune clair. Le niobate de soude donne, dans les mêmes circonstances, un précipité rouge-orangé foncé, qui ressemble cependant, avec quelque différence, au précipité que produit l'infusion de noix de galle dans les dissolutions de l'acide titanique.

Les précipités sont solubles dans les alcalis caustiques; ils ne se produisent pas dans les dissolutions des sels alcalins neutres; pour les faire paraître, il faut aiguiser ces dissolutions par l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique.

Je pense que l'infusion de noix de galle est un des meilleurs réactifs pour découvrir de petites quantités d'acide

tantalique et d'acide niobique dans les dissolutions acides. Il faut cependant remarquer que cette teinture ne produit plus de précipité, si l'on a dissous les deux acides métalliques dans de l'acide oxalique, ou que l'on ajoute de l'acide oxalique ou un autre acide organique non volatil à une dissolution, ou à un précipité d'acide tantalique ou d'acide niobique.

Le cyanure de fer et de potassium jaune produit dans une dissolution de tantalate de soude, rendue acide par quelques gouttes d'acide sulfurique, un précipité jaune floconneux qui est un peu soluble dans un grand excès d'acide chlorhydrique. Le niobate de soude donne, dans les mêmes circonstances, un précipité rouge très-prononcé, qui a quelque ressemblance avec le précipité que produit la noix de galle dans l'acide niobique. Le précipité est un peu soluble dans une grande quantité d'acide chlorhydrique.

La cyanure de fer et de potassium rouge produit un précipité blanc dans une dissolution de tantalate de soude, et un précipité jaune très-prononcé dans une dissolution de niobate de soude.

Si l'on rend une dissolution de tantalate de soude acide, et qu'on plonge dans cette dissolution une lame de zinc, rien ne se produit immédiatement; mais, après quelque temps, on obtient un dépôt blanc d'acide tantalique dont la précipitation est due à l'action simultanée de l'air et de l'oxyde de zinc qui passe dans la dissolution. Si l'on traite, au contraire, une dissolution de niobate de soude par l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique, et qu'on y plonge en même temps une lame de zinc, le précipité formé prend une belle teinte bleue qui se produit d'autant plus vite que la dissolution est plus acide. Après un temps assez long, cette couleur bleue devient sale, puis brune, et tout se change en un précipité brun. M. Voehler ayant observé le même phénomène dans l'acide tantalique retiré du pyrochlore, et mon frère, dans

l'acide obtenu de l'uranotantale, il est très-probable que l'acide niobique se trouve dans ces deux minerais.

Le chlorure de tantale obtenu en traitant l'acide tantalique par le chlore et le charbon, est jaune, très-fusible et très-volatil. Le chlorure de niobium obtenu par le même procédé est incolore, infusible et très-peu volatil.

Si l'on fait passer un courant d'ammoniaque sèche sur du chlorure de tantale, ce gaz est absorbé, mais avec peu de force. Le chlorure s'échauffe bien moins que cela a ordinairement lieu quand on traite les chlorures volatils, et surtout les chlorures volatils liquides, par l'ammoniaque. Ce n'est pas que le chlorure ait peu d'affinité pour l'ammoniaque ; mais dès le commencement de l'action il se forme une croûte solide de la nouvelle combinaison qui entoure le chlorure, et empêche la réaction ultérieure. Si l'on chauffe la nouvelle combinaison, on obtient du tantale métallique avec un dégagement de chlorhydrate d'ammoniaque. Mais cette réduction a lieu à une température bien plus élevée que pour le titane placé dans les mêmes circonstances ; la chaleur d'une lampe à alcool n'est pas suffisante, il faut opérer la réduction dans un feu ardent de charbon. Le tantale métallique obtenu se présente alors sous la forme de croûtes noires, qui peuvent être lavées avec l'eau pour enlever le sel ammoniac qui y adhère, parce que l'eau est sans action sur lui. Chauffé à l'air, le métal se change en acide tantalique incolore, en présentant le phénomène d'ignition. Traité par l'acide azotique, et même l'eau régale, il n'est presque pas attaqué, même en faisant bouillir le tout, fait qui, du reste, a été déjà observé par M. Berzelius. En le traitant au contraire, d'après M. Berzelius, avec un mélange d'acide azotique et d'acide fluorhydrique, on l'attaque avec une extrême facilité, même à froid, avec un dégagement de vapeurs rutilantes.

Le chlorure de niobium, traité par le gaz ammoniac

sec, jaunit, s'échauffe beaucoup, parce que, infusible, il présente une plus grande surface à l'action de l'ammoniaque que ne peut le faire le chlorure de tantale. La combinaison chauffée noircit à l'instant, à cause du niobium réduit, et la réduction, accompagnée d'un dégagement de chlorhydrate, paraît s'effectuer à une température moins élevée que celle qui est nécessaire à la réduction du tantale. Le métal réduit se présente sous l'aspect d'une poudre noire. Quand on le lave à l'eau pour le débarrasser du chlorhydrate d'ammoniaque qui y adhère, l'eau passe claire, tant qu'il contient de ce sel; mais, dès qu'on approche du terme de lavage, elle se trouble en entraînant du métal divisé. On peut obvier à cet inconvénient en ajoutant quelques gouttes d'alcool à l'eau de lavage, les lavages peuvent alors être poussés jusqu'à ce qu'une dissolution d'azotate d'argent ne produise plus de trouble. Chauffé à l'air, il passe avec ignition à l'état d'acide niobique incolore. L'acide azotique et l'eau régale même, bouillants, n'exercent sur lui aucune réaction, mais il est attaqué avec force, même à froid, par un mélange d'acide azotique et fluorhydrique, propriété qu'il partage du reste avec le tantale. Si l'on admet que l'acide tantalique et l'acide niobique ont la même composition atomique, le poids atomique du niobium est plus élevé que celui du tantale.

Ces données suffiront pour le moment pour prouver que le niobium est un métal nouveau qui diffère du tantale. Il est très-difficile d'obtenir l'oxyde de ce métal, l'acide niobique, d'une pureté absolue; on trouvera probablement plus tard des procédés plus faciles pour se le procurer tout à fait pur : le procédé employé par moi est trop long et trop pénible. Je ne serais jamais arrivé aux résultats énoncés, sans le concours de mon préparateur, M. Weber, qui a fait preuve de dévouement et de patience en exécutant la partie la plus pénible de ce travail.

ANALYSE D'UN TELLURURE DE BISMUTH DU BRÉSIL;

PAR M. A. DAMOUR.

Cette substance minérale provient du Brésil; elle a été apportée à Paris par M. Claussen, membre de l'Institut brésilien. Les essais qui seront décrits dans cette Notice ont été faits sur des fragments d'un échantillon de la collection de l'école des Mines à Paris, et que je dois à l'obligeance de M. Dufrénoy.

Le minéral se présente en feuillets micacés, ayant l'éclat de l'acier poli, légèrement flexibles et très-tendres.

Chauffé sur le charbon, il fond, s'entoure d'une auréole blanche et d'une auréole jaune-verdâtre et finit par disparaître dans les pores du charbon.

Fondu sur une coupelle blanche, avec le sel de phosphore, il se dissout en totalité et ne communique aucune couleur au flux; une lamelle d'étain posée sur la masse encore chaude fait apparaître immédiatement, à la surface de la coupelle, une coloration noire due à la réduction du bismuth et du tellure.

Dans le tube ouvert, il fond à la première impression de la chaleur, dégage une odeur sulfureuse, puis des fumées blanches d'oxyde de tellure et, vers la fin de l'opération, une odeur prononcée de sélénium. Dans la partie supérieure du tube, on remarque un enduit blanc, surmonté d'une légère couche rouge-brique, due à la condensation du sélénium. La partie inférieure du tube reste couverte d'un résidu jaunâtre d'oxyde de bismuth.

L'acide nitrique le dissout très-facilement avec dégagement de gaz nitreux; à la fin de l'opération, quelques globules de soufre surnagent dans la liqueur.

L'acide chlorhydrique concentré l'attaque avec lenteur,

en donnant lieu à un dégagement d'hydrogène sulfuré.

Ces différents essais indiquent suffisamment dans ce minéral la présence du bismuth, du tellure, du soufre et d'un peu de sélénium.

Pour en faire l'analyse quantitative, le minéral pulvérisé a été traité, dans un tube à boules, par un courant de chlore gazeux; des chlorures de soufre, de sélénium et de tellure se sont volatilisés et ont été recueillis dans un flacon au quart plein d'eau. Il est resté dans le tube du chlorure bismuthique qui retenait une quantité notable de chlorure tellurique. Ce mélange de chlorures était jaunâtre, fusible à une température inférieure à celle du rouge naissant et entrait facilement en ébullition.

L'eau du flacon, où s'étaient condensés les chlorures volatils, contenait, après l'opération, de l'acide sulfurique, de l'acide sélénique et un peu de chlorure tellurique. Les acides sulfurique et sélénique ont été dosés au moyen du chlorure barytique. Le sulfate et le séléniate barytique ont été recueillis et pesés ensemble, puis chauffés pendant quelque temps avec de l'acide chlorhydrique. Par ce moyen, le séléniate barytique est passé à l'état de sélénite barytique soluble; le résidu insoluble, formé de sulfate barytique, a été lavé et pesé de nouveau. Son poids, retranché du premier, a fait connaître la proportion de séléniate barytique restée dans la liqueur. Cette liqueur, traitée par le sulfite d'ammoniaque, s'est colorée en rouge et a laissé déposer du sélénium.

Le poids du sulfate et du séléniate barytique a fait connaître la proportion de soufre et de sélénium contenus dans la substance essayée.

La liqueur séparée des acides sulfurique et sélénique ne contenait plus que du chlorure tellurique et un peu de chlorure barytique, ajouté en excès. Quelques gouttes d'acide sulfurique en ont séparé la baryte; enfin la liqueur claire

et acide a été mise en digestion avec du sulfite d'ammoniaque ; des flocons noirs de tellure se sont déposés au bout de quelques heures. Le métal a été recueilli sur un filtre et pesé.

Les chlorures de bismuth et de tellure restés dans le tube à boules ont été dissous dans l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique, et la dissolution mise en digestion dans l'hydrosulfate d'ammoniaque ajouté en excès. J'ai séparé, par la filtration, le sulfure de bismuth insoluble, du sulfure de tellure resté dissous. Le sulfure de bismuth suffisamment lavé a été dissous dans l'acide nitrique pur, et la dissolution précipitée par le carbonate ammoniacal. L'oxyde de bismuth recueilli a été chauffé dans un creuset de porcelaine et pesé. Son poids a servi à calculer la proportion du bismuth métallique en combinaison dans le minéral.

La dissolution sulfureuse contenant le tellure a été acidulée au moyen de l'acide chlorhydrique faible ; du sulfure de tellure s'est déposé. Ce sulfure a été dissous dans l'eau régale, la dissolution évaporée à siccité, reprise par l'acide chlorhydrique, et filtrée. Dans la liqueur claire et acide, j'ai versé du sulfite d'ammoniaque qui a précipité le tellure. J'ai ajouté cette nouvelle quantité de métal à celle que j'avais obtenue précédemment.

Dans une seconde analyse, j'ai mis en digestion dans l'acide chlorhydrique le minéral divisé en lamelles très-minces et préalablement mêlé avec des cristaux de chlorate de potasse. La dissolution s'est opérée d'une manière complète ; le soufre est passé à l'état d'acide sulfurique que j'ai déterminé à l'aide du chlorure barytique. Le sel barytique, mis en excès, a été précipité par l'acide sulfurique. La liqueur, séparée du sulfate barytique, a été saturée par l'hydrosulfate d'ammoniaque ; puis j'ai dosé comme précédemment le tellure et le bismuth. Le tellure, essayé au chalumeau, manifestait l'odeur du sélénium.

Le tellure et le bismuth semblent avoir l'un pour l'autre une forte affinité ; on a vu plus haut que je n'avais pu les séparer exactement en traitant leur combinaison par le chlore gazeux. Dans une autre expérience, j'ai cherché à séparer ces deux métaux en ajoutant à leur dissolution chlorhydrique quelques gouttes de sulfite d'ammoniaque, qui me paraissaient devoir précipiter le tellure et laisser le bismuth dissous ; mais la liqueur, ainsi traitée, n'a abandonné que des traces presque impondérables de tellure. L'hydrosulfate d'ammoniaque dissout facilement le sulfure de tellure ; mais il est bien possible encore que des traces notables de sulfure de tellure restent unies au sulfure de bismuth, lorsque ces composés sont en présence dans une même dissolution. Ne connaissant pas de moyen plus exact de les séparer, je me borne à indiquer en ce moment les résultats que m'a donnés la méthode d'analyse décrite ci-dessus.

J'ai obtenu :

Première analyse, sur 0gr,5210.

		En 10000es.	Rapports.		
Soufre......	0,0164	0,0315	156	186	3
Sélénium....	0,0077	0,0148	30		
Tellure.....	0,0830	0,1593		198	3
Bismuth	0,4124	0,7915		594	8
	0,5195	0,9971			

Seconde analyse, sur 0gr,6545.

		En 10000es.	Rapports.	
Soufre et sélénium.	0,0300	0,0458	226	3
Tellure...........	0,1027	0,1568	195	3
Bismuth..........	0,5132	0,7840	589	8
	0,6459	0,9866		

En prenant le nombre 1330,376 adopté par MM. Regnault et Rose pour le poids de l'atome du bismuth, et celui de 802,121 pour l'atome de tellure, les résultats qui précèdent pourraient s'exprimer par la formule

$$Bi^2 So^3 + 3 Bi^2 Te,$$

qui donnerait les proportions suivantes :

		En 10000e.
3 atomes de soufre....	603,5	0,0443
3 atomes de tellure. ..	2406,3	0,1762
8 atomes de bismuth..	10643,0	0,7795
	13652,8	1,0000

On connaît déjà plusieurs composés de bismuth et de tellure : l'un, provenant de Schemnitz, a été analysé par MM. Berzelius et Wehrle; il aurait pour formule

$$Bi^2So^3 + 2\,Bi^2Te^3.$$

Une autre espèce, venant de Deutsch-Pilsen, analysée par M. Wehrle, serait exprimée par

$$Bi\,So + 2\,Bi\,Te.$$

D'après ces différentes analyses, on pourrait établir déjà trois espèces distinctes de bismuth telluré; mais si l'on considère la très-grande affinité du tellure pour le bismuth, il est permis de croire aussi que ces deux métaux, tout en se combinant en proportions exactes, peuvent fréquemment se mélanger en quantités très-variables. Il est à remarquer encore que ces composés ne se présentent guère en cristaux réguliers; on les trouve en lames accolées les unes aux autres, et facilement séparables dans une seule direction, ainsi qu'on l'observe sur les micas; il me paraît donc prudent, quant à présent, de ranger dans la classification des espèces minérales, sous un nom univoque, tous les composés de bismuth et de tellure connus, jusqu'à ce que des analyses multipliées et concordantes aient permis d'établir plus sûrement le nombre d'espèces que ce groupe semble pouvoir comporter.

SUR L'EXISTENCE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE DANS DES ROCHES D'ORIGINE IGNÉE;

PAR M. LE Dr GEORGES FOWNES (1).

(Traduit par M. ISIDORE PIERRE.)

Le rôle important, mais encore obscur, attribué au phosphore, soit dans le règne végétal, soit dans le règne animal, et le fait bien connu que les roches de presque tous les âges produisent, par leur désagrégation, des sels plus ou moins capables d'alimenter la vie des plantes, et qui, par conséquent, contient très-probablement du phosphore, toutes ces circonstances réunies semblaient faire désirer vivement la recherche de cette substance dans les roches d'origine ignée. En effet, si on l'y trouvait, on pourrait donner une explication facile et satisfaisante de l'origine et de la source primitive de cet élément.

Comme je ne pense pas qu'on ait fait jusqu'à ce jour de recherches directes sur ce sujet, et que du moins aucune publication de ce genre n'est parvenue à ma connaissance, je viens soumettre à l'examen de la Société royale les résultats de quelques expériences que j'ai faites, et qui, autant qu'il était possible de faire, résolvent la question affirmativement.

La première substance que j'essayai fut la belle argile à porcelaine fine de Dartmoor (Devon), résultat de la désagrégation du feldspath du granit de cette contrée. C'est l'un des principaux composants de la porcelaine, et des plus fines espèces de faïences anglaises, et l'analyse a montré que sa composition s'accorde avec celle de la matière employée dans la manufacture de porcelaine de Sèvres. Je pensais que, si la matière contenait de l'acide phosphorique, il devait

(1) Extrait des *Transactions philosophiques* de la Société royale de Londres, année 1844, 1re partie, page 53.

être combiné avec une partie de l'alumine; et comme le phosphate de cette terre est assez soluble dans les acides minéraux dilués, tandis que le silicate résiste énergiquement à ces agents, une simple digestion dans l'acide devrait suffire pour extraire la totalité ou la plus grande partie du phosphate, qui serait ensuite précipité par un alcali, puis examiné.

Dans cette vue, j'ai fait bouillir dans une fiole, pendant plusieurs heures, 1000 grains (1) de cette argile avec un excès d'acide chlorhydrique pur et faible; ensuite on ajouta une quantité considérable d'eau distillée, et on laissa reposer le tout jusqu'à ce que la liqueur fût devenue parfaitement claire. La liqueur acide fut alors séparée avec soin de l'argile non dissoute par décantation, évaporée dans une capsule de porcelaine, et réduite à un très-petit volume, puis précipitée par un léger excès d'ammoniaque. Le faible précipité obtenu, rougeâtre, et qui consistait principalement en alumine et oxyde de fer, fut recueilli sur un très-petit filtre, bien lavé à l'eau distillée, puis desséché et calciné. On le réduisit en poudre fine, et on le mêla avec un poids égal de silice pure dans un état de très-grande division, et six fois au moins son poids de carbonate de soude anhydre. Le mélange fut chauffé à fusion dans un creuset de platine. Après refroidissement, la masse fondue fut traitée par l'eau bouillante, et la partie soluble et fortement alcaline séparée par filtration du silicate d'alumine insoluble. La dissolution fut mélangée avec un excès d'acide nitrique, évaporée à siccité, puis traitée par l'eau, et le produit jeté sur un filtre. Le liquide ainsi obtenu fut séparé en deux parties : l'une fut neutralisée avec soin par un peu d'ammoniaque, et l'on y ajouta quelques gouttes d'une dissolution de nitrate d'argent; on aperçut un précipité jaune très-distinct, fran-

(1) Le grain anglais équivaut à 0,04916 gramme.

chement soluble dans l'acide nitrique et dans l'acide acétique. La seconde partie fut traitée par un excès d'ammoniaque, et l'on y ajouta un peu de chlorhydrate d'ammoniaque, puis on y versa quelques gouttes d'une dissolution de sulfate de magnésie. Après quelques instants, on vit paraître un précipité blanc, cristallin, grenu, de phosphate ammoniaco-magnésien, dont la quantité augmenta par l'agitation.

Cette expérience, qui démontre la présence d'une petite quantité d'acide phosphorique dans le kaolin, et cela de la manière la plus positive, a été répétée plusieurs fois, et toujours avec le même succès. La pureté des acides, du carbonate de soude et des autres réactifs employés, fut vérifiée avec le plus grand soin, et l'on évita à dessein la filtration de la liqueur acide primitive, de peur de dissoudre une trace de phosphate qui pourrait se trouver dans le papier.

L'argile à porcelaine s'extrait du granit désagrégé par une simple lévigation, et l'eau de la contrée dans laquelle on la trouve est très-pure, suivant toute probabilité. Il était néanmoins très-important d'examiner de la même manière la roche décomposée qui n'avait encore été soumise à aucun traitement artificiel, et je choisis moi-même dans ce but un échantillon pris dans la carrière. Le résultat indiqua la présence de l'acide phosphorique comme dans l'argile, et au même degré, autant qu'on en peut juger en tenant compte des grains quartzeux, du mica, etc.

Malheureusement, je n'ai pu obtenir de résultat concluant dans l'examen du feldspath non décomposé. Le minéral, quoique réduit en poudre très-fine par la trituration dans un mortier de porphyre de Suède, résista complétement à l'action de l'acide bouillant. On ne parvint à dissoudre qu'une quantité insignifiante d'oxyde de fer dans lequel on ne put découvrir aucune trace d'acide phosphorique.

On fondit alors 200 grains de feldspath en poudre avec un grand excès de carbonate de soude; la masse fondue fut traitée par l'eau, puis filtrée; la dissolution fut sursaturée avec de l'acide nitrique et évaporée à siccité; on versa de l'eau sur le résidu, et le tout fut jeté sur un filtre. La dissolution, examinée comme précédemment pour y chercher l'acide phosphorique, n'a donné qu'un résultat douteux. On avait opéré sur une trop faible quantité de spath, et la grande quantité de nitrate de soude qui se trouvait dans la liqueur gênait trop l'action des réactifs pour qu'ils pussent être de quelque valeur. Il serait infiniment préférable, dans ces recherches, de soumettre le minéral porphyrisé à l'action de l'acide fluorhydrique, comme l'ont recommandé quelques analystes pour l'examen des silicates naturels qui contiennent un alcali; mais, comme je ne possédais pas les vases de platine nécessaires, j'ai été obligé d'abandonner ces essais.

J'ai essayé avec le plus grand succès un certain nombre d'autres substances. La manière d'opérer fut de point en point celle qui a été décrite plus haut. Les minéraux furent réduits en poussière très-fine dans un mortier de porcelaine, et mis en ébullition, comme précédemment, avec de l'acide chlorhydrique étendu. Tous furent attaqués beaucoup plus facilement que le kaolin et donnèrent des dissolutions contenant une grande quantité d'alumine et d'oxyde de fer. Le liquide fut séparé de la partie insoluble par décantation, évaporé presque à siccité, puis traité par l'eau et un excès d'ammoniaque. Le précipité obtenu, abondant, volumineux, fut lavé et mis en digestion dans l'acide acétique étendu, qui a la propriété de dissoudre très-facilement les oxydes de fer et d'alumine, et laisse, au contraire, intacts les phosphates de ces bases. Le résidu non dissous fut desséché, calciné, fondu avec de la silice et du carbonate de soude, et le produit examiné comme il a été dit précédemment. L'addition de la silice est indispensable pour retenir

la totalité de l'alumine à l'état insoluble. Le phosphate d'alumine n'est pas décomposé par le carbonate de soude pendant la fusion, ou du moins ne l'est que partiellement, et est, en outre, soluble dans une dissolution aqueuse de ce sel.

Les résultats de cet examen peuvent être résumés ainsi :

Lave vésiculaire gris foncé du Rhin, employée à Cologne comme pierre à bâtir, à cause de sa dureté et de sa résistance. — On a extrait de 1000 grains de cette substance assez de phosphate de soude pour reconnaître sur une large échelle le phosphate jaune d'argent et le phosphate ammoniaco-magnésien. On peut dire que l'acide phosphorique y est, comparativement parlant, *très-abondant.*

Trachyte blanc du Drachenfels, près de Bonn, sur le Rhin. — Cette roche paraît aussi riche que la précédente en acide phosphorique; rien n'est plus distinct ni plus satisfaisant que les indications que donnent les réactifs.

Lave rouge sombre, spongieuse, scoriacée, du Vésuve. — Elle fut essayée de la même manière, et donna de l'acide phosphorique *en abondance.*

Basalte compacte, vert sombre, ou toadstone *de Cavedale (Derbyshire).* — Cette substance était très-dure et difficile à broyer. Cependant on a extrait de 750 grains de cette roche assez de phosphate de soude pour observer d'une manière irrécusable les réactions caractéristiques dont nous avons parlé précédemment.

Un basalte d'un vert noirâtre sombre, très-compacte, des environs de Dudley, connu sous le nom de *rowley-ragg*, donna un résultat semblable.

L'acide phosphorique n'est pas si abondant dans cette substance que dans la lave; néanmoins il est facile d'y constater sa présence.

Ancienne lave porphyritique contenant de nombreux

cristaux de hornblende, provenant du Vésuve. — On y reconnut très-distinctement l'acide phosphorique, mais moins abondamment que dans les laves plus récentes.

Dans un échantillon de tuf ou de limon volcanique, provenant aussi du Vésuve, on trouva de l'acide phosphorique en quantité notable.

Telles sont les substances que j'ai essayées; elles furent prises, comme on peut s'en apercevoir au premier coup d'œil, indistinctement dans les formations ignées de toute espèce de localité et de tout âge, et toutes, sauf une exception douteuse, dans laquelle des difficultés pratiques compliquèrent les recherches, donnèrent de l'acide phosphorique. Il est donc extrêmement probable que cette substance est un des composants ordinaires des roches volcaniques, quoique pour une très-faible partie.

Il n'est pas invraisemblable que la fertilité remarquable des sols qui proviennent de la décomposition de quelques variétés de laves, soit due, *en partie du moins*, à la présence de ces phosphates dans les roches primitives, quoique la plus grande part soit ordinairement attribuée aux alcalis, et particulièrement à la potasse que contiennent ces substances, et qui peu à peu est entraînée à l'état soluble par la marche continue de la désagrégation.

On est porté à croire que la matière qui de temps en temps fait éruption de l'intérieur de la terre, à l'état de fusion, est en quelque sorte destinée à renouveler la surface dont les éléments les plus précieux et les plus solubles ont été entraînés par l'action de l'eau et par d'autres causes d'une incessante action.

Si l'on trouvait dans la suite, par des recherches plus étendues, que l'acide phosphorique, présent dans toutes les roches ignées, est en bien plus grande quantité dans celles d'une époque plus moderne, on pourra expliquer cette circonstance en disant que les laves plus anciennes ont

éprouvé, de la part de l'action lente et tout à fait imperceptible des causes en question, un changement plus considérable.

On pourrait être tenté de considérer une lave comme une espèce de matière fondamentale d'où dérivent toutes les autres par une altération subséquente, et la considérer comme contenant, çà et là du moins, des traces de tous les corps simples connus, même des plus rares.

Aussi je ne puis me soustraire au désir de rapporter à sa source originelle l'énorme quantité d'acide phosphorique emprisonnée, pour la majeure partie, dans des combinaisons temporairement insolubles, dans le règne végétal et dans le règne animal, et dans les strates variées de dépôts calcaires et sédimentaires, à la formation desquelles les êtres organisés ont eu une part si importante et si considérable.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — JANVIER 1845.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTR.		ÉTAT DU CIEL A MIDI.	VENTS A MIDI.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Minim.	Maxim.		
1	758,58	+ 3,8		758,36	+ 4,7		758,13	+ 4,8		758,18	+ 3,6		+ 3,6	+ 4,7	Couvert	N. E.
2	758,54	— 0,4		758,02	+ 0,7		758,22	+ 2,3		758,47	+ 1,2		— 0,4	+ 2,1	Nuageux	N. E.
3	758,45	— 0,1		757,53	+ 1,6		757,30	+ 2,6		757,98	+ 0,9		— 0,9	+ 2,6	Beau	N. E
4	762,04	— 0,7		762,66	+ 1,8		763,28	+ 3,9		764,48	+ 3,0		— 1,1	+ 4,0	Beau	N. N. O.
5	766,25	+ 3,6		765,41	+ 6,3		765,34	+ 6,3		765,24	+ 3,2		+ 2,1	+ 6,9	Couvert	O. N. O.
6	764,94	+ 1,9		764,09	+ 4,3		763,67	+ 5,2		764,68	— 0,4		+ 1,8	+ 5,0	Éclaircies	S. S. E.
7	765,18	— 2,0		764,83	— 1,4		764,50	— 0,7		765,26	— 1,1		— 2,1	— 0,7	Brouillard	E.
8	763,21	— 1,6		762,29	— 0,8		761,21	+ 0,1		760,73	— 0,8		— 1,9	+ 0,6	Brouillard	E.
9	760,80	— 1,8		760,25	— 0,9		759,76	— 1,0		760,41	— 2,1		— 1,9	— 1,0	Couvert	E.
10	761,27	— 3,5		760,28	+ 1,1		758,99	+ 4,1		758,05	+ 2,0		— 3,9	+ 4,0	Beau	E.
11	757,17	+ 3,0		756,44	+ 6,9		755,78	— 8,6		755,00	+ 4,4		+ 1,0	+ 8,3	Couvert	S.
12	753,89	+ 5,8		753,50	+ 6,4		753,09	+ 8,1		754,54	+ 7,0		+ 4,0	+ 8,0	Pluie	S. S. E.
13	754,67	+ 3,9		753,32	+ 5,9		752,01	+ 5,8		749,31	+ 5,8		+ 3,0	+ 6,0	Couvert	S. S. E.
14	751,10	+ 5,0		751,59	+ 5,5		752,07	+ 5,4		753,81	+ 2,8		+ 2,4	+ 5,7	Couvert	S.
15	751,86	— 0,6		751,32	+ 2,3		750,99	+ 3,9		753,24	+ 1,6		— 1,2	+ 3,9	Couvert	S.
16	757,84	+ 2,4		758,24	+ 3,9		758,68	+ 3,8		760,90	+ 0,8		+ 1,5	+ 4,0	Couvert	S. S. E.
17	762,24	— 0,2		761,73	+ 0,5		760,93	+ 0,6		760,25	0,0		— 0,2	+ 0,8	Couvert	S. E.
18	758,39	— 0,6		757,34	+ 2,2		755,76	+ 6,6		754,11	+ 5,8		— 1,0	+ 6,5	Couvert	S. E.
19	751,28	+ 6,0		751,09	+ 7,2		747,51	+ 6,8		737,43	+ 6,6		+ 4,5	+ 7,1	Quelques éclaircies	S.
20	732,25	+ 3,8		733,86	+ 3,5		738,81	+ 4,3		748,20	+ 4,8		+ 3,0	+ 4,9	Couvert	O.
21	758,35	+ 3,2		759,59	+ 4,6		760,38	+ 4,9		763,07	+ 3,2		+ 3,2	+ 5,0	Très-nuageux	N. O.
22	765,38	+ 0,9		765,78	+ 1,1		764,38	+ 1,1		765,62	+ 0,2		+ 0,2	+ 2,0	Couvert	N. E.
23	763,33	— 1,2		762,25	— 1,0		760,16	— 1,0		757,15	— 1,2		— 1,4	— 0,9	Couvert	S. S. E.
24	752,59	0,0		752,00	+ 3,3		752,34	+ 4,3		754,29	+ 4,9		— 1,2	+ 5,5	Nuageux	S. S. O.
25	761,13	+ 3,1		761,51	+ 6,0		761,16	+ 7,0		759,10	+ 4,7		+ 2,8	+ 7,0	Quelques nuages	N. O.
26	750,78	+ 7,9		750,52	+ 8,6		750,64	+ 8,4		752,60	+ 4,1		+ 4,1	+ 9,0	Nuageux	O.
27	746,83	+ 2,9		741,50	+ 3,6		739,17	+ 5,9		738,26	+ 3,6		+ 1,9	+ 5,9	Pluie	S. O. fort.
28	737,20	+ 2,3		734,97	+ 2,5		732,36	+ 2,5		733,44	+ 1,8		+ 0,6	+ 2,5	Couvert	S. O.
29	739,33	+ 1,5		740,68	+ 1,9		741,37	+ 2,6		741,10	+ 0,8		+ 0,8	+ 3,1	Couvert	O.
30	739,43	+ 0,8		739,89	+ 2,1		738,19	+ 3,0		736,66	+ 0,8		— 1,2	+ 2,8	Couvert	O.
31	740,14	+ 0,4		740,89	+ 2,3		741,21	+ 2,4		744,84	+ 0,4		— 0,2	+ 2,8	Beau	O. S. O.
1	761,93	— 0,1		761,37	+ 1,7		761,04	+ 2,8		761,35	+ 1,0		— 0,5	+ 2,8	... Moy. du 1er au 10	Pluie en cent.
2	753,07	+ 2,9		752,84	+ 4,4		752,36	+ 5,4		752,68	+ 4,0		+ 1,7	+ 5,5	... Moy. du 11 au 20	Cour. 5,075
3	750,41	+ 2,0		749,96	+ 3,2		749,22	+ 3,7		748,74	+ 2,1		+ 0,9	+ 4,1	... Moy. du 21 au 31	Terr. 4.207
	754,98	+ 1,6		754,57	+ 3,1		754,11	+ 4,0		754,08	+ 2,4		+ 0,7	+ 4,1	... Moyenne du mois......	+ 2°,4

REMARQUES SUR LES ÉLÉMENTS QUI COMPOSENT LES SUBSTANCES ORGANIQUES, ET SUR LEUR MODE DE COMBINAISON;

Par M. E. MILLON.

Lorsqu'on envisage le carbone dans ses combinaisons, on découvre sans peine qu'elles sont affectées d'un caractère particulier à la faveur duquel cet élément reçoit une puissance immense pour l'accomplissement des fonctions qui lui sont dévolues. Ce caractère du carbone se manifeste dans presque toutes les alliances qu'il contracte; il est inscrit sur les produits organiques les plus simples, et se retrouve encore dans les produits les plus complexes. Néanmoins il ne nous semble pas qu'on ait encore dégagé des cas innombrables où ce caractère se révèle, une expression simple qui puisse en marquer la nature et l'étendue.

On peut formuler ce caractère en disant que le carbone s'unit intimement aux autres éléments organiques, et même au plus grand nombre des éléments inorganiques. Le rapprochement des combinaisons organiques et minérales fait comprendre bien vite ce que signifie cette intimité de l'union du carbone.

Chaque métalloïde, chaque métal se trouve, en chimie minérale, marqué par quelques traits qui reparaissent partout où se fixent le métal et le métalloïde.

C'est ainsi que partout où se combine le chlore, on le déplace sans peine sous forme d'acide chlorhydrique, ou bien on le précipite par le nitrate d'argent à l'état de chlorure insoluble, ou bien encore on le met en liberté par l'action combinée d'un peroxyde et d'un acide. On peut en dire autant du soufre, de l'iode. Les acides minéraux se retrouvent facilement au sein des dissolvants, quels que soient les liens dans lesquels ils se trouvent engagés. Les bases aussi conservent, en présence des acides, des réactions invariables.

Mais que l'on cherche à faire l'application de règles analogues au carbone, elles se trouvent presque toutes en défaut. C'est ainsi qu'on tourmente vainement le chlorure de carbone par les réactifs ordinaires pour y reconnaître le chlore. Le sulfure de carbone est inutilement mêlé aux solutions les plus propres à y déceler l'hydrogène sulfuré. Les carbures d'hydrogène peuvent se dissoudre dans les solutions métalliques sans que l'hydrogène, uni au carbone, sollicite l'oxygène de la base, tandis que le carbone se porterait sur le métal. Tous les carbures métalliques connus jusqu'ici sont pourtant insolubles, et quelle que soit la combinaison de l'hydrogène, elle obéit à cette règle de double échange. Le chlore, l'iode, le soufre, le sélénium, le tellure, le phosphore, l'arsenic, l'antimoine, suivent cette règle uniforme dans leur union à l'hydrogène. Le carbone s'en affranchit.

Pour représenter, autant qu'on peut le faire par des mots, cette spécialité du carbone, on peut dire que, dans les combinaisons minérales, les éléments sont *juxtaposés*, tandis qu'ils se *pénètrent* dans les combinaisons organiques.

Il semble que le mode naturel des êtres, qui conduit à distinguer l'accroissement extérieur des minéraux, et l'intussusception des animaux et des plantes, se trouve en corrélation avec le mode chimique des principes qui servent à construire les uns et les autres.

Voici maintenant les conséquences de la pénétration du carbone : cet élément, associé aux autres éléments, forme avec eux un composé qui n'agit plus par les différentes pièces qui le constituent, mais par leur ensemble ; c'est comme un corps nouveau qui offre ses ressources à la production des êtres organiques.

On comprend que, par un abus de cette disposition, quelques chimistes aient été portés à construire une multitude de corps hypothétiques, formés par l'union du carbone avec l'azote, l'hydrogène et l'oxygène ; on a donné à ces êtres, imaginaires pour la plupart, le nom de *radicaux*, et on leur

a fait ainsi jouer, presque toujours en dépit des réactions, un rôle fort étrange, tandis qu'il eût suffi, dans ces différents cas, de signaler l'union parfaite de plusieurs éléments organiques, et d'indiquer, au gré des phénomènes, leurs tendances générales de combinaison ou de décomposition.

Je poursuis les conséquences théoriques de l'union particulière du carbone; les conséquences pratiques ne se feront pas attendre.

Si le carbone a la puissance d'enchaîner un certain nombre de molécules, de constituer avec elles un groupement d'une stabilité particulière, on comprend sans peine que ce groupement résiste à une modification qui détruirait tout autre arrangement chimique, appartenant, par exemple, aux combinaisons minérales. Ici, la molécule organique s'ouvre à la substitution, mais la permanence se retrouve dans le nombre.

L'isomorphisme de l'hydrogène et du chlore montre jusqu'où peut aller la permanence de certaines propriétés du groupement organique. On sait que ces deux éléments satisfont, dans plusieurs cas, aux règles de l'isomorphisme. Faudrait-il en conclure que le chlore et l'hydrogène possèdent des analogies très-étendues? Certainement non; ils sont isomorphes à la condition de se trouver en présence du carbone. Le carbone, ce témoin nécessaire aux relations isomorphiques du chlore et de l'hydrogène, imprime un caractère si puissant au groupement auquel il préside, que le remplacement d'un corps tel que l'hydrogène par un autre de nature très-opposée, tel que le chlore, ne change pas une des conditions essentielles de la combinaison, celle qui se traduit par la forme.

Ainsi, pour résumer ces premiers points de l'histoire du carbone, cet élément offre un mode de combinaison qui lui appartient en propre; il fait en quelque sorte passer à l'état latent les éléments auxquels il s'associe, et les groupe dans un certain ordre où il les retient par sa présence. Le groupement est si fort, tant que le carbone le domine, que les éléments de la

[redacted]

nature la plus contraire se placent l'un à côté de l'autre, se substituent et semblent établis dans l'alliance la plus naturelle, lorsqu'ils sont peut-être enchaînés par un lien violent.

Il serait superflu d'insister sur l'azote et de montrer qu'il se rapproche du carbone, qu'il se place avec lui sur cette ligne d'affinité organique où les éléments s'unissent, s'effacent et se préparent à satisfaire, par un ensemble parfait, aux besoins de l'organisation végétale et animale.

Mais si l'on s'élève à des composés organiques plus complexes, le même caractère de combinaison intime se reproduit et prend une extension considérable; ici le fait est palpable, et pour plusieurs cas particuliers, il se trouve déjà très-clairement défini. Ainsi la combinaison des acides minéraux et de l'acide sulfurique en particulier à l'alcool, à la napthaline, au sucre, à l'acide acétique, à la glycérine, aux corps gras, à l'indigo, à l'albumine, à la protéine, a très-bien appris que certaines substances minérales, en s'unissant aux substances organiques, perdaient la propriété de se déceler par les réactifs ordinaires. Les acides *copulés* ont conduit à une définition précise, mais très-restreinte, du principe que je développe; et bien avant les acides *copulés*, les acides *conjugués* avaient présenté une vue délicate du même principe et son application très-hardie (1).

(1) Il y a longtemps que l'on a remarqué que les combinaisons de l'acide sulfurique avec l'alcool, la naphtaline, le sucre, l'acide acétique, et l'on peut dire aujourd'hui, avec le plus grand nombre des substances organiques, perdaient la propriété de se déceler par les sels solubles de baryte, de chaux, de strontiane et de plomb. M. Gerhardt a proposé de considérer ces composés sulfuriques comme le résultat d'une combinaison spéciale qu'il a nommée *accouplement*; il a admis, en outre, que la matière organique se distinguait dans ce cas, en ce qu'elle ne saturait point l'acide et devait recevoir, à ce titre, le nom de *copule*.

M. Gerhardt a ensuite étendu la faculté de se combiner par *accouplement* aux acides minéraux et organiques; ainsi, les acides phosphorique, arsénique, carbonique, oxalique, tartrique, peuvent recevoir l'addition d'une *copule* organique et se comporter suivant les règles de *l'accouplement*, que M. Gerhardt a développées avec un soin tout particulier pour l'acide sulfurique. Cependant il faut reconnaître qu'en désignant les acides tartrique

En admettant, ce qui est incontestable, que les acides sulfurique, nitrique et phosphorique s'unissent aux principes organiques et s'absorbent dans une combinaison intime, en admettant que des acides organiques se soumettent au même régime que les acides oxalique et acétique, jusqu'où ce principe de combinaison s'étendra-t-il? faut-il s'arrêter aux cas déjà bien nombreux qui viennent d'être signalés? Ce serait renoncer à mille rapprochements curieux que ce principe provoque.

C'est bien certainement ici qu'il faut placer les combinaisons si variées du cyanogène et des cyanures entre eux : le carbone et l'azote, ces deux éléments organiques par excellence, unis l'un à l'autre, mettent en pleine évidence le principe de combinaison intime. Sa puissance s'y développe, pour ainsi dire, sans limites. Tous les éléments, métaux et métalloïdes, viennent s'absorber dans les groupements cyanurés et y perdre, en quelque sorte, leur caractère individuel. Tout à côté du cyanogène se place l'ammoniaque; c'est presque la même puissance de combinaison intime, la même fécondité dans les productions organiques et minérales qui en dérivent. L'union de l'ammoniaque à l'eau, aux oxydes métalliques, aux acides minéraux et organiques, montre avec quelle facilité elle s'associe pour former des groupements nouveaux, dont les éléments, rapprochés par le lien le plus intime, s'engagent simultanément dans les réactions ultérieures.

Il serait inutile de poursuivre plus loin les rapports des

---

et citrique sous le nom d'*acides conjugués*, et en les rattachant l'un et l'autre aux acides acétique et oxalique, M. Dumas avait, le premier, marqué très-nettement la voie dans laquelle M. Gerhardt s'est engagé plus tard. Bien que les *acides copulés* doivent, suivant M. Gerhardt, procéder d'une association directe, et se produire toujours avec élimination d'eau ; bien que ces deux circonstances ne s'observent point dans l'acide tartrique qui contient tous les éléments des acides acétique et oxalique, et qui en outre n'a pu se préparer jusqu'ici par l'union des deux acides, l'idée est la même de part et d'autre : elle suppose une combinaison de nature spéciale qui efface, ici, le caractère des acides sulfurique et phosphorique, là, les propriétés des acides acétique et oxalique.

substances minérales et des substances organiques. Le mode d'union du carbone au chlore, au soufre, à l'hydrogène, se reproduit dans la combinaison du cyanogène et de l'ammoniaque avec les substances minérales, et le même principe se continue, sans interruption, dans la combinaison de toutes les substances organiques; elles tendent toutes, dans leurs rapports avec les produits d'origine minérale, à l'union intime des éléments.

Mais un fait si général se bornera-t-il aux relations des éléments et des principes organiques avec les éléments et les principes minéraux? Les substances organiques perdront-elles, les unes à l'égard des autres, la faculté de se combiner intimement, et de former, par l'union de groupements simples, des groupements complexes où toutes les pièces de l'assemblage concourent à une même réaction? Il répugne de croire qu'il en soit ainsi. Douées d'une faculté de combinaison qui leur appartient en propre, les substances organiques l'exercent nécessairement entre elles. C'est ainsi que j'ai déjà signalé la classe des acides conjugués, comme la première application du principe de combinaison intime.

J'ai dû chercher si ce même principe pourrait pénétrer ailleurs. Pour le soumettre au contrôle de cette nouvelle et décisive épreuve, on comprend qu'il ait été tout à fait oiseux de détailler, d'une manière purement graphique, et de découper, en quelque sorte, un certain nombre de molécules organiques. Je me suis attaché, au contraire, à saisir, à la faveur du principe de combinaison intime, des relations nombreuses entre des corps éloignés jusqu'ici par le rang qu'on leur assigne. En me livrant à cette recherche, je n'ai pas tardé à reconnaître qu'il fallait admettre que certaines dispositions moléculaires persistent encore après l'élimination de l'eau ou de l'acide carbonique, et même après l'élimination simultanée de ces deux principes. C'est absolument ainsi que l'hydrate d'acide sulfurique et l'hydrate de potasse se combinent pour former un sulfate anhydre, dans

lequel néanmoins ils transportent une sorte d'arrangement originel qui permet de retourner à la molécule acide ou à la molécule basique. C'est encore ainsi qu'on a tout intérêt à tenir le carbonate neutre de potasse très-rapproché du bicarbonate de la même base, dont il diffère cependant par une perte d'eau et d'acide carbonique (1).

Je me bornerai maintenant à quelques exemples. Il existe une catégorie de corps sur la constitution desquels on a, jusqu'ici, hésité à se prononcer; ces corps sont désignés sous les noms de *benzone*, d'*acétone*, etc.; ils renferment tous de l'oxygène dans leur composition, et se forment dans la distillation des sels organiques à base alcaline ou terreuse. Si l'on observe les circonstances de leur production, on reconnaît qu'elles sont très-voisines de la formation d'un carbure d'hydrogène qui dérive de ces mêmes sels. Entre le carbure d'hydrogène et le produit oxydé, aucune relation apparente au premier abord.

---

(1) Cette élimination d'un ou de plusieurs équivalents d'eau, très-fréquente en chimie minérale, a probablement lieu dans un grand nombre de cas où on ne la soupçonne pas. Il est fort possible que les acides monoatomiques dérivés, tels que S^2O^2, par rapport à SO^3; ClO^3, par rapport à ClO^7, etc., résultent de la réaction de la combinaison hydrogénée du métalloïde sur sa combinaison oxygénée. Ainsi :

$$SO^3 + SH = S^2O^2 + HO;$$
$$ClO^7 + ClH = 2ClO^3 + HO;$$
$$AzO^5 + AzH^3 = 2AzO + 3HO.$$

L'élimination d'eau est proportionnelle à la quantité d'hydrogène contenue dans la combinaison hydrogénée.

Dans les combinaisons du phosphore, l'élimination de l'eau ne paraît pas s'effectuer; de là sans doute l'eau inhérente à la constitution des hypophosphites :

$$PhO^5, 3HO + PhH^3 = 2(PhO, 2HO + HO).$$

Acide hypophosphoreux.

Le troisième équivalent d'eau de l'acide hypophosphoreux est basique.

Le principe de combinaison intime serait ainsi quelquefois applicable aux combinaisons minérales, et le signe de démarcation ne serait pas rigoureusement respecté. N'en est-il pas ainsi de tous les caractères appliqués aux classifications naturelles?

Pour obtenir cette liqueur dont l'emploi et la préparation ont été indiqués par M. Fizeau, on dissout, d'une part, 1 gramme de chlorure d'or dans 500 grammes d'eau pure, et, d'autre part, 3 grammes d'hyposulfite de soude cristallisé dans la même quantité d'eau. On verse alors la dissolution d'or dans celle d'hyposulfite, peu à peu et en agitant; la liqueur rougit d'abord, mais elle ne tarde pas à devenir incolore; l'opération est alors terminée. Il s'agit d'examiner si cette liqueur ne contient que du chlorure de sodium et un hyposulfite double de soude et de peroxyde d'or, ou si le perchlorure n'agit pas plutôt ici comme oxydant de l'hyposulfite, en donnant naissance, entre autres produits, à de l'hyposulfate bisulfuré de soude, sel dont nous avons indiqué la formation dans des circonstances analogues.

La liqueur ainsi préparée est incolore, ce qui peut déjà faire supposer qu'elle ne contient pas un sel d'or au maximum. En admettant cette supposition comme démontrée, il est facile de reconnaître que l'oxygène abandonné par l'or n'a pas servi à produire de l'acide sulfurique, car la liqueur n'en contient pas, puisque le précipité qu'elle donne avec le chlorure de barium est soluble dans l'acide chlorhydrique. Tout porte à croire qu'un composé inférieur du soufre a pris naissance, car la liqueur est très-altérable; elle se décompose lorsqu'on l'évapore même dans le vide.

Elle est trop étendue pour se prêter à l'analyse, et dans l'impossibilité de la concentrer, nous avons dû faire réagir l'un sur l'autre, l'hyposulfite et le chlorure d'or préalablement dissous dans de très-petites quantités d'eau.

Une liqueur obtenue dans ces conditions est très-abondamment précipitée par l'alcool à 40 degrés.

La réaction est la même que lorsqu'on prend des produits plus étendus, seulement le mélange doit être fait avec plus de précautions; il faut surtout, après chaque ad-

dition, attendre que la décoloration soit complète; sans cela on ne pourrait éviter la formation d'un corps brun, dont il serait très-difficile de se débarrasser, et qui est le résultat de l'action du perchlorure d'or sur les premiers produits formés.

Examen du précipité obtenu par l'alcool. — Ce précipité est un mélange de plusieurs sels différents; il est presque entièrement composé d'un sel dont nous allons décrire les propriétés et indiquer la composition; mais il contient, en outre, des quantités variables de tous les produits contenus dans la liqueur qui surnage.

Pour le purifier, il est nécessaire de le redissoudre plusieurs fois de suite dans une petite quantité d'eau, et de le reprécipiter chaque fois par l'alcool absolu.

Le sel qui a servi aux analyses dont nous donnons plus loin les détails a été précipité cinq fois; après chaque précipitation on dosait exactement l'or contenu dans le sel: on ne s'est arrêté que lorsque sa quantité a cessé de varier.

Le sel ainsi purifié est parfaitement incolore, cristallisé en aiguilles; il est insoluble dans l'alcool fort, il est même peu soluble dans l'alcool ordinaire, mais il est, au contraire, excessivement soluble dans l'eau. Sa saveur est sucrée.

Sa dissolution aqueuse possède toutes les propriétés de la liqueur de M. Fizeau, et M. Lerebours, qui a comparé avec soin l'action de ces deux liqueurs, donne même la préférence à la dissolution de notre sel, à cause de la richesse des tons qu'elle communique aux images.

Ce sel est la matière active de la liqueur de M. Fizeau, isolée et débarrassée de toutes matières étrangères: il mérite donc d'être examiné avec soin.

Chauffé légèrement dans un tube de verre, ce sel donne de l'eau, puis du soufre et de l'acide sulfureux; il contient donc de l'eau de cristallisation, mais cette eau ne peut être chassée par une chaleur de 100 degrés. 1 gramme de sel bien desséché à l'air, chauffé à 100 degrés pendant deux heures,

n'a rien perdu de son poids. A 150 ou 160 degrés centigrades, le sel jaunit légèrement, mais sans se décomposer d'une manière sensible. On a pu chasser à cette température 0,064 et même 0,070 d'humidité; mais cette perte de poids n'a pas tardé à se réparer par l'exposition du sel à l'air.

La rapidité avec laquelle ce sel reprend son eau de cristallisation en rend le dosage difficile; le sel augmente à chaque instant de poids sur la balance, et vingt-quatre heures suffisent pour l'hydrater complétement.

Lorsqu'on le chauffe fortement dans un creuset de platine, il se décompose, et laisse pour résidu de l'or et du sulfate de soude, sans traces de chlorure.

Cette propriété rend son analyse très-facile.

Lorsqu'on le traite par l'acide azotique, la réaction est très-vive, il se dégage des vapeurs rutilantes, et il se précipite de l'or métallique; la liqueur contient beaucoup d'acide sulfurique, mais elle ne contient pas d'acide chlorhydrique.

L'hydrogène sulfuré et les sulfures alcalins forment dans sa dissolution un précipité brun-jaunâtre.

On voit donc que ce sel ne contient pas de chlore, mais qu'il renferme de l'or, du soufre et de la soude. Voyons en quelles proportions.

1°. 1 gramme de sel a été calciné dans un creuset de platine; le résidu, traité par l'eau, a fourni $0^{gr},374$ d'or métallique et 0,407 de sulfate de soude.

2°. 1 gramme de sel a été traité par l'acide azotique dans un petit ballon de verre. Cette action a donné un dépôt d'or pesant $0^{gr},373$, et la liqueur traitée par le chlorure de barium a donné 1,774 de sulfate de baryte, qui représentent 0,2433 de soufre.

Ces expériences répétées un grand nombre de fois, sur plus de dix échantillons différents, ont toujours donné les mêmes résultats, qui conduisent aux nombres suivants:

Or........	37,35 pour 100 = 1 équivalent;
Soufre	24,33 pour 100 = 8 équivalents;
Soude.....	17,85 pour 100 = 3 équivalents.

En supposant que le soufre existe dans le sel à l'état d'acide hyposulfureux, et l'or à l'état de protoxyde, et calculant l'eau par différence (nous savons que le sel est hydraté), on arrivera à la composition suivante :

$$S^2O^2, AuO + 3(S^2O^2, NaO) + 4(HO).$$

Un sel de cette formule donnerait pour 100 :

Or........	37,56
Soufre.....	24,31
Soude.....	17,72

Et ce sont là presque exactement les résultats fournis par nos analyses.

Nous allons rapporter maintenant avec quelques détails une expérience qui indique clairement dans quels rapports l'or et le soufre sont combinés à l'oxygène.

Nous avons établi, dans un précédent Mémoire, que les hyposulfites absorbent de l'iode en donnant naissance à l'acide nouveau $S^4O^5,\Delta O$, et que pour chaque équivalent d'hyposulfite employé il y a un demi-équivalent d'iode absorbé. Voyons comment le sel d'or, que nous supposons être un hyposulfite double, va se comporter avec l'iode.

Quand on ajoute à une dissolution du sel une dissolution alcoolique d'iode, ce métalloïde est rapidement absorbé; et si l'on a soin de s'arrêter au moment où la liqueur commence à se colorer, la quantité d'iode employée représente exactement le poids nécessaire pour transformer en acide hyposulfurique bisulfuré tout le soufre contenu dans le sel, en supposant qu'il y soit sous forme d'acide hyposulfureux. L'examen ultérieur de la liqueur nous a prouvé, du reste, qu'elle renferme de l'hyposulfate bisulfuré de soude (1).

(1) I. 2 grammes de sel ont absorbé 0,95 d'iode dissous dans l'alcool.

II. 1 gramme a absorbé 0,485.

III. On a dissous 5 grammes d'iode dans 200 centimètres cubes d'alcool,

Ce sel se comporte donc avec l'iode comme les hyposulfites. Examinons maintenant comment cette même expérience peut nous renseigner sur l'état de l'or dans ce sel, et nous faire supposer qu'il y existe à l'état de protoxyde. Quand on ajoute à une dissolution concentrée du sel une dissolution alcoolique d'iode, il ne se fait pas de précipité; mais si, après la saturation par l'iode, on étend la liqueur de beaucoup d'eau, on voit se précipiter immédiatement du protoiodure d'or, d'un beau jaune pur; mais ce composé ne tarde pas à se transformer, sous l'influence de l'iodure alcalin existant dans les liqueurs, en or métallique et en periodure d'or, décomposition qui a été étudiée ailleurs par l'un de nous (1).

La précipitation de l'iodure aureux, sans iode libre, prouve qu'elle résulte de la double décomposition d'un sel de protoxyde d'or et d'un iodure alcalin, décomposition qui, dans ce cas, ne s'opère que sous l'influence de l'eau.

La réaction de l'iode sur le sel d'or se représente par l'équation suivante :

$$I^2 + (S^2O^2, AuO, 3(S^2O^2, NaO)) = AuI + NaI + 2(S^4O^5NaO).$$

Dans toutes les expériences qui précèdent, nous avons considéré le sel qui nous occupe comme un hyposulfite double de protoxyde d'or et de soude; toutes les expériences rapportées plus haut se prêtent à cette hypothèse; il en est d'autres cependant qui pourraient conduire à une autre supposition.

Le sulfate de fer, le chlorure d'étain et l'acide oxalique ne peuvent indiquer dans ce sel la présence de l'or. A cela

---

et 2 grammes de sel ont exigé soixante-dix-huit divisions de la burette alcalimétrique de M. Gay-Lussac, savoir 39 centimètres cubes contenant 0,98 d'iode.

La moyenne de ces trois expériences correspond à 48,2 d'iode absorbé pour 100 grammes de sel. La formule que nous avons supposée plus haut exigerait 47,7.

(1) *Journal de Pharmacie*, novembre 1841.

nous ajouterons que non-seulement les propriétés de ce métal sont masquées, mais quelques-uns des caractères de l'acide hyposulfureux ne se retrouvent plus dans ce genre de sel. Ainsi, l'acide azotique seul le décompose à froid; l'acide chlorhydrique, le sulfurique dilué et les acides végétaux peuvent être ajoutés à sa dissolution sans déterminer ni dépôt de soufre ni dégagement d'acide sulfureux. D'un autre côté, lorsqu'on ajoute du chlorure de barium à sa dissolution, il se produit un composé un peu soluble dans l'eau, mais que l'alcool sépare complétement de la liqueur sous forme d'un précipité gélatineux que nous avons reconnu pour un sel correspondant, dans lequel l'équivalent d'oxyde d'or a été conservé, tandis que ceux de soude ont été remplacés par des quantités équivalentes de baryte.

En traitant ce nouveau sel par des poids atomiques d'acide sulfurique, on chasse toute la baryte et on obtient l'hyposulfite double de protoxyde d'or et d'eau, composé incristallisable, très-acide et peu altérable à la température ordinaire. Ces réactions ne rappellent-elles pas celles des ferrocyanures?

Les dissolutions des métaux des dernières sections ne donnent pas de composés analogues, elles décomposent profondément le sel; nous n'insisterons pas davantage sur ces faits curieux, parce que nous nous proposons de les indiquer avec tout le soin nécessaire dans un Mémoire spécial.

Examen de la liqueur qui surnage les cristaux. — Les eaux mères dont on a précipité par l'alcool le sel que nous venons d'examiner, évaporées convenablement, fournissent des cristaux de chlorure de sodium, du sulfate de soude et un dépôt de soufre. Il se dégage, en outre, de l'acide sulfureux. Ces différents produits font voir, qu'indépendamment du sel d'or et du chlorure de sodium, il existe dans ces liqueurs un hyposulfate bisulfuré de soude qu'il est impossible d'isoler à cause de son altérabilité.

liquide, et ce dernier avantage sera surtout senti par les photographistes voyageurs !

Nous avons étudié dans ce Mémoire les premiers résultats de l'action du perchlorure d'or sur l'hyposulfite de soude. Le perchlorure d'or, en réagissant sur les composés que nous avons indiqués, peut donner naissance à d'autres produits.

Nous avons déjà dit un mot d'un corps brun, soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool, qui paraît être plus riche en or que l'hyposulfite double que nous avons analysé.

Ce composé peut se transformer lui-même en sulfure d'or lorsque le chlorure d'or est employé en plus grande quantité, et enfin ces deux produits, sous l'influence d'un grand excès de chlorure d'or, se détruisent, et il ne reste dans la liqueur que de l'acide sulfurique et de l'or métallique.

ANALYSE DE QUATRE ESPÈCES D'ARSÉNIATE DE CUIVRE;

PAR M. A. DAMOUR.

Les divisions que les minéralogistes ont essayé d'établir parmi les combinaisons naturelles de l'acide arsénique avec l'oxyde cuivrique ont été, jusqu'à présent, justifiées plutôt par l'examen des caractères extérieurs que par une détermination exacte de la composition de ces substances. Les analyses de MM. Chenevix et Ficinus, qui remontent à une époque assez éloignée, ont fait connaître, à la vérité, les éléments principaux de ces matières minérales, mais elles

ont laissé encore beaucoup d'incertitude sur les proportions atomiques de ces divers éléments. Des analyses exécutées, dans ces derniers temps, par MM. Turner, Richardson, de Kobell et Trolle-Wachtmeister ont commencé à fournir des notions plus précises sur cet intéressant sujet de recherches. Le travail que je viens exposer ici a eu de même pour objet l'étude et l'analyse de quatre espèces bien distinctes d'arséniate de cuivre; la description détaillée des formes cristallines de ces espèces sera donnée par M. Descloizeaux. Si nous avons pu entreprendre ce travail, c'est grâce à l'obligeance de M. Dufrénoy, qui a bien voulu mettre à notre disposition des échantillons d'une grande pureté, choisis dans les collections de l'École royale des Mines et du Collége de France.

Les caractères que j'ai observés sur chacune de ces substances seront décrits en premier lieu; j'exposerai ensuite la méthode d'analyse dont j'ai fait usage, ses résultats, et les formules qu'on peut en déduire. Je ne considère, du reste, ces formules que comme un moyen donné pour calculer approximativement et pour reproduire sous forme numérique les proportions de chacun des éléments déterminés par l'analyse.

Nous avons étudié spécialement l'*olivénite*, l'*aphanèse*, l'*érinite* et le *liroconite*, espèces décrites et ainsi dénommées dans le *Traité de Minéralogie* de M. Beudant.

Olivénite.

(Cuivre arséniaté prismatique droit; Olivenerz; cuivre arséniaté en octaèdre aigu.)

Minéral cristallisant dans le système prismatique rhomboïdal droit; de couleur vert sombre; poussière vert-olivâtre pâle; rayant la fluorine. Pesanteur spécifique égale à 4,378. Cassure vitreuse.

Chauffé dans le matras, il dégage un peu d'eau qui

n'exerce pas d'action sur le papier de tournesol, et prend une teinte verte ressemblant à celle de l'oxyde de chrome. Si l'on élève davantage la température, il devient gris-noirâtre.

Chauffé sur la pince de platine, il fond et cristallise par le refroidissement.

Sur le charbon, il fond facilement, dégage une fumée arsenicale et laisse un globule de cuivre malléable, rouge à la surface, grisâtre à l'intérieur.

Très-facilement soluble dans les acides; l'ammoniaque caustique le dissout aussi complétement, mais avec lenteur.

Aphanèse (de Cornwall).

(Cuivre arséniaté prismatique triangulaire; cuivre arséniaté en prisme rhomboïdal oblique.)

Je n'ai pu observer ce minéral que sous forme de petites aiguilles, ou en masses cristallines testacées, de couleur bleue très-foncée; sa poussière est bleu-verdâtre; il raye le gypse et est rayé par le calcaire. Pesanteur spécifique égale à 4,312.

Chauffé dans le matras, il dégage de l'eau et noircit. Exposé à la flamme du chalumeau, sur la pince de platine, il noircit, fond et cristallise par le refroidissement.

Sur le charbon, il fond facilement, dégage des vapeurs arsenicales et laisse un globule de cuivre malléable, rouge à l'extérieur, grisâtre à l'intérieur.

Soluble dans les acides et dans l'ammoniaque caustique.

Érinite (de Cornwall).

(Cuivre arséniaté rhomboédrique; Kupferglimmer; Euchlor-glimmer.)

Minéral cristallisant dans le système rhomboédrique; se présentant ordinairement en lames hexagonales transparentes, d'un beau vert d'émeraude. Poussière bleu pâle.

Rayant le gypse; rayé par le calcaire. Pesanteur spécifique égale à 2,659. Clivable parallèlement à la base d'un prisme hexagonal.

Chauffé dans le matras, il petille à la manière du *diaspore*, et se divise en écailles excessivement légères; ces écailles ont une teinte vert-olive pâle : par l'effet de la chaleur, le minéral laisse dégager beaucoup d'eau qui n'exerce aucune réaction sur le papier de tournesol. Il fond sur le charbon en dégageant une odeur arsenicale, et laisse une scorie noirâtre qui enveloppe un grain de cuivre métallique.

Soluble dans les acides.

Des lames minces, et en apparence très-pures, du même minéral, placées dans l'ammoniaque caustique, se sont dissoutes très-facilement en laissant déposer quelques flocons blancs de matière alumineuse.

N'ayant eu à ma disposition qu'une faible quantité de cette substance très-rare à Paris, je n'ai pu répéter ces essais autant que je l'aurais désiré.

Liroconite (de Cornwall).

(Cuivre arséniaté en octaèdre obtus; Linsenerz; Lirokonmalachit.)

Minéral cristallisant dans le système prismatique rhomboïdal droit; de couleur bleu céleste, quelquefois bleu-verdâtre. Poussière bleu pâle; cassure inégale; rayant le calcaire. Pesanteur spécifique égale à 2,964.

Chauffé dans le matras, ce minéral dégage beaucoup d'eau qui n'a pas d'action sur le papier de tournesol, puis verdit et devient incandescent. Après cette calcination, sa couleur passe au brun foncé.

Chauffé sur la pince de platine, il fond sur les bords seulement et communique à la flamme du chalumeau une belle couleur verte.

Sur le charbon, il fond lentement et se réunit sous forme d'un globule rouge, facile à pulvériser, et qui donne une poussière de couleur rouge brique. Fondu avec le carbonate de soude, sur le charbon, il forme une scorie rougeâtre, et laisse apparaître des grains métalliques d'un blanc éclatant, un peu malléables. Ces grains, formés d'arséniure de cuivre, donnent, lorsqu'on les chauffe dans un tube ouvert, un sublimé cristallin d'acide arsénieux.

L'acide chlorhydrique dissout facilement ce minéral; si l'on ajoute du sulfite d'ammoniaque à cette dissolution, il s'y forme immédiatement un dépôt blanc, floconneux, d'alumine, qui retient de l'acide phosphorique.

La potasse liquide et bouillante décompose le liroconite; elle retient la majeure partie de l'acide arsénique et une quantité notable d'alumine; elle laisse une poudre noire, formée en grande partie d'oxyde cuivrique. La liqueur alcaline, sursaturée par un acide, puis rendue neutre par l'ammoniaque, laisse déposer de l'arséniate et du phosphate d'alumine. La liqueur, séparée de ce sel insoluble, contient une grande quantité d'acide arsénique.

Malgré la présence de l'alumine, l'ammoniaque caustique dissout facilement et complétement le liroconite non calciné.

Ce même minéral, privé d'eau par la calcination, étant ensuite traité par l'ammoniaque, ne s'y dissout que partiellement; il laisse un résidu brun de rouille, contenant beaucoup d'alumine et de l'oxyde de cuivre; la potasse liquide et chaude le décompose; de l'acide arsénique et de l'alumine s'y dissolvent; il reste un résidu d'oxyde cuivrique qui retient encore de l'acide arsénique.

Les caractères que j'ai essayé de décrire indiquent déjà que les trois premières substances contiennent de l'acide arsénique, de l'oxyde cuivrique et de l'eau, et que la dernière, outre ces éléments, renferme une proportion nota-

ble d'alumine; j'ai reconnu aussi, dans chacun de ces composés, la présence d'une quantité variable d'acide phosphorique.

Analyse.

Pour faire l'analyse de ces minéraux, j'ai adopté la méthode suivante :

L'arséniate de cuivre, préalablement séché dans le vide, à la température ordinaire et pesé, était dissous dans l'acide chlorhydrique, et la dissolution évaporée à siccité. La masse sèche était reprise par l'eau acidulée et filtrée pour en séparer quelques grains de quartz souvent mêlés au minéral. J'ajoutais un peu d'acide chlorhydrique à la liqueur claire, puis quelques gouttes de sulfite d'ammoniaque, et je laissais le tout en repos pendant vingt-quatre heures. Ce traitement avait pour objet de faire passer à l'état d'acide arsénieux, l'acide arsénique renfermé dans la dissolution. La liqueur était ensuite chauffée pour chasser l'acide sulfureux, puis soumise à l'action d'un courant d'hydrogène sulfuré. Il se déposait à la fois du sulfure de cuivre et du sulfure d'arsenic, que je recueillais sur un filtre.

La liqueur filtrée, abandonnée à elle-même pendant quelques jours, ne laissait plus déposer ni sulfure de cuivre ni sulfure d'arsenic. A cette liqueur, j'ajoutais de l'ammoniaque et de l'hydrosulfate d'ammoniaque. Je séparais ainsi quelques traces de fer à l'état de sulfure, et dans un cas particulier (pour le liroconite), une grande quantité d'alumine.

Le sulfure de fer était ensuite dissous dans l'acide nitrique et l'oxyde ferrique de cette dissolution, précipité par l'ammoniaque. J'exposerai plus loin le traitement que je faisais subir au précipité d'alumine, lorsque cette terre se présentait dans l'analyse.

La liqueur hépatique, séparée du sulfure de fer, contenait encore de l'acide phosphorique. Pour doser cet acide,

je versais de l'acide nitrique dans la liqueur, je la filtrais après l'avoir chauffée, j'y versais une dissolution ferrique préparée avec une certaine quantité de fer métallique pesée exactement, et je la saturais par l'ammoniaque. J'obtenais ainsi un dépôt d'oxyde ferrique et de phosphate ferrique dont le poids servait à calculer la proportion d'acide phosphorique contenue dans la liqueur, suivant la méthode de M. Berthier.

Lorsque la dissolution séparée des sulfures de cuivre et d'arsenic renfermait de l'alumine, cette terre, précipitée par l'ammoniaque, entraînait avec elle tout l'acide phosphorique. Il était alors nécessaire de procéder à l'analyse de ce phosphate d'alumine.

Le phosphate aluminique était séché et mêlé intimement avec du carbonate de soude et de la silice, et le tout fondu dans un creuset de platine. La masse fondue était traitée par l'eau chaude qui dissolvait du phosphate de soude avec le carbonate de soude mis en excès, puis aussi un peu de silicate de soude, et laissait un dépôt abondant de silicate aluminico-sodique. Ce dépôt était recueilli sur un filtre, puis lavé convenablement et mis en réserve. Dans la liqueur sodique, je versais quelques gouttes de carbonate ammoniacal qui donnaient lieu à un léger dépôt de silice; je filtrais de nouveau; enfin, je rendais la liqueur acide, et je dosais l'acide phosphorique comme je l'ai décrit ci-dessus, au moyen d'une dissolution ferrique.

Le silicate aluminico-sodique était décomposé par l'acide chlorhydrique, la silice, séparée suivant la méthode habituelle, et l'alumine précipitée de sa dissolution par le carbonate ammoniacal. Cette terre, après avoir été pesée, était essayée par divers réactifs; elle m'a toujours paru réunir tous les caractères de l'alumine.

Les sulfures de cuivre et d'arsenic, recueillis à part, étaient séchés dans le vide, au-dessus d'une couche de ponce humectée d'acide sulfurique concentré. Ils étaient

ensuite introduits dans un tube à boules dont l'extrémité, courbée à angle droit, plongeait au fond d'un flacon au quart plein d'eau, puis je faisais traverser l'appareil par un courant de chlore sec (1). Les sulfures étaient facilement décomposés à froid. Au bout de quelques heures, la boule qui les contenait était chauffée avec précaution, et le courant de chlore entretenu; des chlorures de soufre et d'arsenic volatils étaient entraînés et décomposés dans l'eau du flacon. Il restait dans la boule un mélange de chlorures cuivreux et cuivrique.

Lorsque la décomposition était achevée, je faisais dissoudre, dans une grande quantité d'eau, les chlorures de cuivre qui se transformaient complétement en chlorure cuivrique, et je précipitais l'oxyde cuivrique de cette dissolution, par la potasse liquide bouillante.

Les chlorures volatils, entraînés par le courant de chlore, s'étaient décomposés au contact de l'eau; des globules de soufre apparaissaient au fond du flacon; l'eau contenait de l'acide sulfurique résultant de l'oxydation partielle du chlorure de soufre et de l'acide arsénique; elle était, en outre, saturée de chlore. Par l'application d'une chaleur modérée, le chlore était expulsé facilement. La liqueur était alors filtrée pour séparer le soufre, puis traitée par l'acide chlorhydrique et le sulfite d'ammoniaque. Ce traitement réduisait l'acide arsénique à l'état d'acide arsénieux. Après vingt-quatre heures de digestion, la liqueur était chauffée pour chasser l'acide sulfureux qu'elle retenait, et enfin traversée par un courant d'hydrogène sulfuré qui précipitait l'arsenic à l'état de sulfure. Ce sulfure était recueilli, séché dans le vide, et analysé suivant la méthode ordinaire, en dosant directement le soufre et évaluant l'arsenic par différence. L'arsenic, ainsi déterminé, servait à

(1) Cet appareil fréquemment employé dans l'analyse des sulfures est décrit dans le *Traité d'analyse chimique* de M. Henri Rose.

calculer la quantité correspondante d'acide arsénique, élément essentiel de chacune des espèces qui font l'objet de ce travail.

L'eau était dosée à part, en chauffant au rouge vif, dans un creuset de platine, une quantité pesée du minéral desséché préalablement dans le vide, au-dessus d'une couche d'acide sulfurique concentré. La diminution de poids que le minéral avait subie, par suite de cette calcination, était considérée comme représentant la quantité d'eau dégagée.

La méthode que je viens d'exposer m'a conduit aux résultats suivants :

Olivénite (de Cornwall).

En cristaux brillants, groupés sur une gangue de quartz, $0^{gr},6260$ ont donné :

		En 10000es.	Oxygène.		Rapport.
Acide arsénique.....	0,2183	0,3487	0,1211	0,1403	5
Acide phosphorique..	0,0215	0,0343	0,0192		
Oxyde cuivrique.....	0,3560	0,5686		0,1147	4
Eau...............	0,0233	0,0372		0,0330	1
	0,6191	0,9888			

Ces résultats peuvent être reproduits par la formule

$$Cu^4(AsPh)^5 + Aq = \dot{Cu}^4(\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{As}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Ph})\dot{H}.$$

Je n'ai pas cru nécessaire de renouveler cette analyse qui s'accorde bien avec celles de M. de Kobell sur le même minéral.

Le calcul donne :

		En 10000^{es}	Oxygène.	Rapport.
1 atome d'acide arsénique...	0,1440,08	0,4073	0,1414	5
4 atomes d'oxyde cuivrique..	0,1982,76	0,5609	0,1131	4
1 atome d'eau.............	0,0112,48	0,0318	0,0282	1
	0,3535,32	1,0000		

Aphanèse (de Cornwall).

En lames cristallines testacées, $1^{gr},0190$ ont donné :

		En 10000es.	Oxygène.		Rapport.
Acide arsénique.....	0,2760	0,2708	0,0940	0,1024	5
Acide phosphorique..	0,0153	0,0150	0,0084		
Oxyde cuivrique.....	0,6400	0,6280		0,1267	6
Eau................	0,0771	0,0757		0,0674	3
Oxyde ferrique......	0,0050	0,0049			
	1,0134	0,9944			

Ces résultats sont exprimés par la formule

$$Cu^6(As\,Ph)^5\,Aq^3 + \dot{Cu}^6(\overset{..}{\ddot{As}}\,\overset{..}{\ddot{Ph}}) + \dot{H}^3.$$

Le calcul donnerait :

		En 10000es.	Oxygène.	Rapport.
1 atome d'acide arsénique...	1440,08	0,3030	0,1052	5
6 atomes d'oxyde cuivrique..	2974,14	0,6259	0,1262	6
3 atomes d'eau.............	337,44	0,0711	0,0631	3
	4751,66	1,0000		

Érinite (Kupferglimmer), (de Cornwall).

En lames hexagonales, vertes, transparentes, $0^{gr},6097$ ont donné :

		En 10000es.	Oxygène.		Rapport.
Acide arsénique.....	0,1180	0,1935	0,0672	0,0744	5
Acide phosphorique..	0,0079	0,0129	0,0072		
Oxyde cuivrique.....	0,3227	0,5292		0,1067	6
Eau................	0,1460	0,2394		0,2128	12
Alumine............	0,0110	0,0180			
	0,6056	0,9930			

$0^{gr},4225$ ont donné :

		En 10000es.	Oxygène.		Rapport.
Acide arsénique.....	0,0899	0,2127	0,0738	0,0825	5
Acide phosphorique..	0,0066	0,0156	0,0087		
Oxyde cuivrique.....	0,2210	0,5230		0,1055	6
Eau................	0,0954	0,2258		0,2007	12
Alumine..	0,0101	0,0213			
	0,4230	0,9984			

Ces résultats peuvent être reproduits par la formule

$$Cu^6(As\,Ph)^5\,Aq^{12} = \dot{Cu}^6(\overset{..}{\ddot{As}}\,\overset{..}{\ddot{Ph}})\,\dot{H}^{12}.$$

Le calcul donnerait :

		En 10000es.	Oxygène.
1 atome d'acide arsénique...	1440,08	0,2498	0,0867
6 atomes d'oxyde cuivrique..	2974,14	0,5160	0,1041
12 atomes d'eau............	1349,76	0,2342	0,2081
	5763,98	1,0000	

La petite quantité d'alumine que j'ai trouvée dans ce minéral retient de l'acide phosphorique que je n'ai pas séparé; il en résulte que le chiffre indiquant la proportion de cet acide, dans mon analyse, est un peu faible.

Liroconite (de Cornwall).

En masse cristalline bleue, adhérente à une roche quartzeuse et ferrugineuse, 1gr,0461 ont donné :

		En 10000es.	Oxygène		Rapport.
Acide arsénique	0,2325	0,2222	0,0771	0,0966	15
Acide phosphorique..	0,0365	0,0349	0,0195		
Oxyde cuivrique.....	0,3890	0,3718		0,0750	12
Alumine............	0,1013	0,0968		0,0452	6
Eau................	0,2666	0,2549		0,2265	32
	1,0259	0,9806			

Un échantillon du même minéral, en cristaux bleus très-nets, groupés sur une gangue argileuse, a donné pour 0gr,8020 :

		En 10000es.	Oxygène.		Rapport.
Acide arsénique	0,1797	0,2240	0,0778	0,0959	15
Acide phosphorique.	0,0260	0,0324	0,0181		
Oxyde cuivrique.....	0,3000	0,3740		0,0754	12
Alumine...........	0,0810	0,1009		0,0471	6
Eau................	0,2040	0,2544		0,2261	32
	0,7907	0,9857			

Ces résultats pourraient être exprimés par la formule

$$2\,Cu^6\,(As\,Ph)^5 + Al^6\,(As\,Ph)^5 + 32\,Aq$$

$$= 2\,\dot{Cu}^6(\ddot{\ddot{As}}\,\ddot{\ddot{Ph}}) + \ddot{Al}^2(\ddot{\ddot{As}}\ddot{\ddot{Ph}}) + 32\dot{H}.$$

Le calcul donnerait :

		En 10000es.	Oxygène.	Rapport.
3 atomes d'acide arsénique...	4320,24	0,2851	0,0989	15
12 atomes d'oxyde cuivrique...	5948,28	0,3925	0,0791	12
2 atomes d'alumine.........	1284,66	0,0848	0,0396	6
32 atomes d'eau..............	3599,56	0,2376	0,2112	32
	15152,54			

Une analyse de M. le comte Trolle-Wachtmeister sur le

liroconite a donné les résultats suivants :

Acide arsénique......	0,2079
Acide phosphorique...	0,0361
Oxyde cuivrique......	0,3519
Alumine............	0,0803
Oxyde..........	0,0341
Eau................	0,2224
Silice..............	0,0404
Gangue............	0,0295
	1,0026

Si l'on retranche la *silice* et la *gangue*, l'analyse se réduit aux nombres ci-après :

		Oxygène.	
Acide arsénique....	0,2229	0.0774	0,0990
Acide phosphorique.	0,0387	0,0216	
Oxyde cuivrique...	0,3773		0,0761
Alumine..........	0,0861		0,0402
Oxyde ferrique....	0,0366		"
Eau...............	0,2384		0,2119
	1,0000		

La formule que j'ai proposée s'appliquerait également bien à cette analyse.

M. Wachmeister a donné celle-ci :

$$3\,\dot{C}u^4\ddot{A}s\dot{H}^8 + 2\ddot{A}l\,\dot{H}^8,$$

qui indiquerait une combinaison d'hydrate d'alumine avec un arséniate cuivrique.

Dans tous les cas, les caractères observés sur le liroconite, et notamment la solubilité complète de cette substance dans l'ammoniaque, me semblent indiquer que la quantité notable d'alumine constatée par l'analyse entre en combinaison réelle dans ce minéral. Si la présence de l'alumine pouvait être attribuée à un mélange accidentel de matière argileuse, on isolerait facilement ce mélange, au moyen de l'ammoniaque, qui dissoudrait le minéral pur et laisserait l'argile. Mais je me suis assuré, par des essais réitérés, que les échantillons de liroconite employés dans mes analyses se

dissolvaient, sans résidu sensible, dans l'ammoniaque, et que la dissolution alcaline renfermait toujours une quantité très-notable d'alumine.

On a pu remarquer, dans la description que j'ai donnée de mes essais chimiques sur les arséniates de cuivre, que toutes ces substances se dissolvent dans l'ammoniaque. L'action dissolvante de l'ammoniaque sur ces minéraux paraît être, en raison inverse de la proportion d'acide arsénique qui entre dans leur composition. Ainsi l'olivénite, qui renferme plus d'acide arsénique que les autres, est de toutes ces espèces, la plus lente à se dissoudre : l'aphanèse est attaquée plus facilement ; enfin l'érinite et le liroconite se dissolvent avec rapidité. Je me propose de donner suite à mes recherches sur les propriétés chimiques de ces minéraux.

En résumé, les différences observées dans les caractères et la composition des arséniates de cuivre permettent de les considérer comme devant constituer cinq espèces bien distinctes, savoir : l'*olivénite*, l'*aphanèse*, l'*érinite* et le *liroconite* dont je viens d'exposer l'analyse, et l'*euchroïte* analysée récemment par M. Kühn qui propose, pour cette espèce minérale, la formule

$$(\dot{\mathrm{C}}\mathrm{u}^3\,\overset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{As}}} + 6\dot{\mathrm{H}}) + \dot{\mathrm{C}}\mathrm{u}\dot{\mathrm{H}}.$$

Le *Kupferschaum*, minéral dans lequel M. de Kobell a trouvé environ 13 pour 100 de carbonate calcique, uni à l'arséniate cuivrique, semblerait former encore une espèce particulière ; enfin le Strahlerz, qui renferme, suivant M. Chenevix, environ 27 pour 100 d'oxyde ferrique en combinaison avec un arséniate cuivrique, est fort peu connu à Paris, et mériterait d'être examiné de nouveau.

EXAMEN CRISTALLOGRAPHIQUE DE CINQ VARIÉTÉS D'ARSÉNIATE DE CUIVRE;

PAR M. DESCLOIZEAUX.

Les observations que l'on possède sur la forme cristalline des quatre variétés d'arséniate de cuivre dont M. Damour vient de donner les analyses, se trouvent disséminées dans les divers Traités de minéralogie. Mon but, en publiant cette Notice, a été de les coordonner et de les compléter autant qu'ont pu me le permettre les échantillons que M. Dufrénoy avait bien voulu mettre à notre disposition. Les résultats des mesures que j'ai prises sur des cristaux extraits de ces échantillons, et ceux qui étaient déjà connus, m'ont permis d'établir la forme primitive de chacune de ces variétés d'arséniate de cuivre et de présenter un tableau des principales incidences qu'offrent leurs formes secondaires.

Dans la détermination du type cristallin, auquel j'ai rapporté les cristaux observés, je me suis laissé guider par l'aspect général de ces cristaux et par la disposition de leurs clivages.

Les formes primitives auxquelles je me suis arrêté, diffèrent en général très-peu de celles qu'a publiées Lévy dans son catalogue de la collection Turner.

A la suite de la description des quatre variétés d'arséniate de cuivre analysées par M. Damour, j'ai crû devoir joindre la figure et les angles de l'euchroïte publiés par M. Haïdinger, dans *The Edinburgh journal of Science*, tome II, page 133, parce que ces détails n'ont encore paru dans aucun ouvrage français.

I. — *Olivénite.*

L'olivénite, la plus abondante de toutes les variétés d'arséniate de cuivre, se présente presque toujours sous la

fait avec chacune d'elles un angle de 95 degrés. Les dimensions de ce prisme, déterminées par la condition que la face a^1 de Phillips soit le résultat d'un décroissement par une rangée sur l'angle solide antérieur de la forme primitives, sont les suivantes :

Un côté de la base est à la hauteur, $b : h :: 23 : 41$.

Lévy cite un clivage suivant la base de ce prisme.

La *fig.* 1 est la forme primitive; la *fig.* 2 est une des formes observées par Phillips.

Angles calculés.	Angles observés par Phillips.
m sur m	56° 0′ 0″
$p - m$	95
$p - o^1 = 125° 8'$	125
$p - h^1 = 100.42$	99.30
$p - a^{\frac{7}{16}} = 80.18$	80.30
L'angle plan de la base est égal à	55.10.16
L'angle plan des faces latérales à	99.28.15

Les cristaux de l'hydrophosphate de cuivre, ou phosphorocalcite de Rheinbreitenbach, dont la composition est représentée par la formule

$$\dot{C}u^6 \ddot{\ddot{P}}h + 3\dot{H}$$

semblable à celle que M. Damour a établie pour l'aphanèse, dérivent, comme ceux de cet arséniate, d'un prisme rhomboïdal oblique; d'après Phillips, l'incidence des faces latérales de ce prisme serait égale à 141°4′, nombre bien éloigné de celui que j'ai admis pour l'aphanèse; cependant, comme les cristaux de ces deux minéraux sont toujours petits, fortement arrondis, et que leur mesure laisse beaucoup d'incertitude, la similitude de leur composition et du type cristallin auquel ils appartiennent, permet de les regarder comme isomorphes.

III. — *Érinite.*

Cette variété est celle qui offre les cristaux les plus nets; aussi la mesure de leurs incidences peut-elle se faire avec assez d'exactitude.

La forme primitive de l'érinite est un rhomboèdre aigu de 69°48'; mais ce rhomboèdre ne se montre jamais que profondément tronqué par un plan perpendiculaire à son axe, de sorte que les cristaux sont toujours de petites lames hexagonales plus ou moins épaisses, à bords trapéziens.

Un clivage excessivement facile, perpendiculaire à l'axe du rhomboèdre, permet de diviser ces lames à l'infini, et d'en obtenir des feuillets micacés; il existe aussi des traces de division, suivant les plans de la forme primitive.

Ce minéral jouit d'une double réfraction très-énergique à un axe et attractive; mais les anneaux que l'on observe à travers une lame clivée naturellement offrent l'espèce d'irrégularité qui a été signalée depuis longtemps par M. Biot dans le béril et le talc, et qui, si l'on ne connaissait d'ailleurs parfaitement la forme du cristal d'où on l'a extraite, pourrait faire croire qu'elle possède réellement deux axes optiques.

La *fig.* 1 est la forme primitive; les *fig.* 2 et 3 représentent les formes les plus généralement répandues; la *fig.* 4 est empruntée à Lévy.

ANGLES CALCULÉS.	ANGLES OBSERVÉS.		
	Descloizeaux.	Phillips.	Brooke.
p sur p = 69° 48' 0".....	....	69°12'	68°45'
$p - p$..................	110°12'	110.30	111.15
$p - a^1$ = 108.44. 0......	108.15	108.40	....
$a^1 - b^1$ = 124. 8.40.... .	....	....	....
$a^1 - a^4$ = 124. 8.40......	....	124.42	....
$p - b^1$ = 124.54. 0......	....	....	....
$b^1 - b^1$ = 88.26. 0......	....	....	....
$b^1 - b^1$ = 91.34. 0......	....	....	....
$a^4 - a^4$ = 88.26. 0......	....	....	....

Les petites différences que présentent les mesures des divers observateurs proviennent de ce que les faces du rhomboèdre primitif, quoique toujours très-brillantes, sont souvent légèrement arrondies, et que la base est fréquemment sillonnée par des lignes parallèles à ses bords, et un peu ondulée.

IV. — *Liroconite.*

Les cristaux de liroconite n'offrent qu'un petit nombre de modifications; leur forme habituelle est un octaèdre aplati à base rectangulaire, mais souvent assez raccourci pour prendre l'apparence d'un octaèdre obtus à base carrée.

Le clivage, toujours imparfait et difficile à obtenir, aurait lieu, d'après Mohs, suivant les quatre faces de ces octaèdres, et d'après Lévy, deux seulement de ces faces se prêteraient à la division; mais, comme dans l'olivénite, on obtiendrait une troisième face de clivage suivant un plan tangent à l'une des arêtes de la base de l'octaèdre, et perpendiculaire aux deux premiers, les petits cristaux dont je pouvais disposer ne m'ont pas permis de vérifier ces observations.

Dans tous les cas, la forme primitive à laquelle on peut rapporter les cristaux de liroconite est un prisme rhomboïdal droit de 107°5′, dans lequel un des côtés de la base est à la hauteur, $b : h :: 85 : 86$.

Les faces latérales de ce prisme sont formées par les deux faces de l'octaèdre qui se prêtent au clivage, et ses dimensions sont déterminées par l'inclinaison des deux autres faces.

La *fig.* 1 représente la forme primitive, et la *fig.* 2 celle qu'affectent ordinairement les cristaux.

ANGLES CALCULÉS.	ANGLES OBSERVÉS.		
	Descloizeaux.	Phillips.	Mohs.
m sur m = 107° 5. 0″.....	....	....	....
$m - m$ = 72.55. 0......	73° 0′	72°22′	71°59′
$m - a^1$ = 133.54.30.... .	133.30	133.30	....
$a^1 - a^1$ = 119. 8.46......	119.10	....	119.45
$a^1 - a^1$ = 60.51.14......	61. 0	60.40	....

Les faces des cristaux de cette variété sont presque toujours un peu ondulées, et ont un certain éclat gras qui ne permet pas de prendre des mesures très-précises.

V. — *Euchroïte.*

Cette cinquième variété d'arséniate de cuivre a été d'abord examinée par M. Turner; les récentes analyses de MM. Kühn et Wohler, insérées dans les *Annales de Chimie et de Pharmacie* de Liebig, tome LI, juillet 1844, ont confirmé la composition qu'avait indiquée le chimiste anglais, et ont montré que ce rare minéral différait des autres combinaisons naturelles de l'oxyde de cuivre avec l'acide arsénique.

Les formes et les principaux caractères physiques de l'euchroïte ont été décrits par M. Haïdinger, dans le t. II, p. 133, du *The Edinburgh journal of Science*. La *fig.* 1 est la forme primitive à laquelle on peut rapporter les cristaux observés par M. Haïdinger, et représentés *fig.* 2; il résulte des mesures de ce minéralogiste, que l'euchroïte dérive d'un prisme rhomboïdal droit de 117°20′, dont un côté de la base est à la hauteur, $b : h :: 203 : 180$.

On observe un clivage indistinct et interrompu, parallèlement aux faces m et e^1.

Les faces latérales du prisme sont striées verticalement; la base est souvent arrondie.

La pesanteur spécifique est égale à 3,389.

La dureté est à peu près celle du spath-fluor.

La cassure est conchoïdale et inégale.

La couleur est d'un beau vert d'émeraude.

Les cristaux, qui atteignent quelquefois une assez grande dimension, sont disséminés à la surface d'un micaschiste quartzeux : on ne les a encore trouvés qu'à Libethen, en Hongrie.

	Angles calculés.	Angles observés.
m sur m	....	117°20′
$m - g^1 =$	121°20′ 0″	.....
$e^1 - e^1 =$	87.51.30	87.52
$g^2 - g^2 =$	78.47.26	78.47
$g^4 - g^4 =$	95.11.40	95.12

ADDITIONS AUX MÉMOIRES PRÉCÉDENTS.

Le travail qui précède avait été soumis à l'Académie des Sciences, dans la séance du 20 janvier, lorsque nous reçûmes communication du Mémoire de M. Hermann, sur plusieurs espèces d'arséniate de cuivre, publié dans la livraison de novembre 1844, du journal de MM. Erdmann et Marchand. Cette livraison n'est parvenue à l'école des Mines à Paris que dans le courant de janvier 1845. N'ayant alors aucune connaissance des dernières analyses de M. Hermann, il nous était impossible d'en faire mention dans notre exposé. Aujourd'hui, c'est un devoir pour nous de réparer une omission indépendante de notre volonté.

Sur quatre des espèces d'arséniate cuivrique que nous venons de décrire, M. Hermann en a analysé trois, savoir: l'*olivénite*, le *liroconite* et le *Kupferglimmer*. Les nombres qui représentent la composition de l'*olivénite* et du *liroconite* dans les analyses de M. Hermann, s'accordent bien avec ceux déjà donnés par MM. de Kobell, Richardson, Wacht-

meister, et ceux également qui résultent de nos recherches. Il est à remarquer qu'en cette circonstance, bien que nous ayons suivi, chacun séparément, une méthode analytique toute différente, nous sommes cependant arrivés à des résultats presque identiques. Pour notre compte, nous devons nous féliciter de cette heureuse concordance. Nous regrettons qu'il n'en soit pas de même pour la troisième espèce, le *Kupferglimmer* (érinite de M. Beudant).

M. Hermann l'a trouvé composé ainsi qu'il suit :

Acide arsénique........	0,1751
Oxyde cuivrique........	0,4445
Oxyde ferreux..........	0,0292
Phosphate d'alumine....	0,0393
Eau....................	0,3119
	1,0000

Nos analyses sur ce minéral diffèrent si notablement de cette dernière, qu'on doit penser que nous avons opéré sur une substance différente de celle dont M. Hermann indique la composition. Les recherches qui seront faites ultérieurement sur le Kupferglimmer donneront raison de ces différences et lèveront l'incertitude qui pourrait subsister encore sur la nature de ce minéral.

Quant à l'aphanèse, nous ne connaissons, sur cette substance, d'analyse antérieure à la nôtre que celle de M. Turner que nous avons nommé au commencement de notre Mémoire.

NOUVELLES RECHERCHES SUR LES DEUX VARIÉTÉS DE BARYTOCALCITE ;

Par MM. DESCLOIZEAUX et DELESSE.

MM. Brooke et Children ont, les premiers, décrit sous le nom de *barytocalcite* un minéral d'Alston-Moor composé de 1 atome de chaux carbonatée et de 1 atome de

baryte carbonatée, et cristallisant en prisme rhomboïdal oblique. Plus tard M. Johnston, reprenant l'analyse de cette substance, y a trouvé la combinaison indiquée par M. Children; mais il a, en outre, constaté la même composition dans un minéral dont la forme est tout à fait incompatible avec celle du premier, et qui s'est présenté à Fallowfield, en Northumberland, et dans la mine de Bromley-Hill, près d'Alston. Les cristaux de cette dernière localité sont ceux que M. Thomson, de Glasgow, avait nommés *bibarytocalcite*, mais que, dans un nouveau Mémoire inséré dans le tome II, 3e série, page 45 du *Philosophical Magazine*, il propose de nommer *bromlite*, faute de pouvoir exprimer simplement la composition chimique qu'il leur attribue.

Les cristaux de ces deux variétés de barytocalcite n'ayant jamais été décrits avec détail, j'ai pensé que leur examen, accompagné de quelques nouvelles mesures, ne serait pas sans intérêt.

La première variété se laisse facilement cliver suivant les faces latérales et suivant la base d'un prisme rhomboïdal oblique dont M. Brooke a donné depuis longtemps des mesures exactes. Mais deux des faces latérales de ce prisme sont toujours engagées dans la gangue, et plusieurs modifications secondaires se trouvent si développées qu'elles masquent presque complétement les plans de cette forme primitive : aussi Lévy n'avait-il aperçu que les clivages parallèles aux faces latérales, et a-t-il pris pour base de son noyau, le plan tangent à l'arête d'intersection des faces secondaires dont nous venons de parler, de sorte que ces faces se trouvent placées sur les angles latéraux de sa forme primitive; c'est ce qu'il est facile de voir en jetant un coup d'œil sur les figures du catalogue de la collection Turner.

En adoptant, pour forme primitive avec M. Brooke, le solide produit par le clivage, les lois qui représentent ces

faces secondaires sont un peu plus compliquées, parce qu'elles résultent alors d'un décroissement intermédiaire; mais on a ainsi l'avantage de tenir compte d'un des caractères physiques les plus importants des minéraux.

Les dimensions de ce prisme, déterminées par la condition que la face *a* de M. Brooke soit le résultat d'un décroissement par une rangée sur l'angle solide obtus *o*, sont exprimées par le rapport : *b* : *h* :: 100 : 99.

Le tableau suivant donne la comparaison des incidences observées et de celles que fournit le calcul; on peut voir que leur accord est satisfaisant.

Je ferai seulement remarquer que les faces *i*, *fig.* 3 et 4, *Pl. IV*, sont souvent striées longitudinalement, et qu'il pourrait exister plusieurs modifications analogues d'incidences voisines; car l'angle de *i* sur *i* a varié sur différents échantillons, depuis 83° jusqu'à 86° 50′. J'ai choisi, pour déterminer la position de ces faces, l'une des incidences intermédiaires que j'ai trouvée de 84° 45′, parce que cet angle se rapporte à l'angle correspondant donné par M. Haïdinger dans sa traduction anglaise de la Minéralogie de Mohs.

Quant aux faces *i′*, leur inclinaison entre elles et avec les faces *i* a été à très-peu près constante sur plusieurs cristaux, et il est probable que les faces analogues indiquées par M. Haïdinger, comme inclinées de 145° 54′, doivent appartenir à une modification différente.

La *fig.* 2 est la forme la plus commune des cristaux d'Alston-Moor; la *fig.* 3 se rencontre assez fréquemment encore, seulement la face *p* manque presque toujours, ou bien elle résulte d'un clivage accidentel; la forme représentée par la *fig.* 4 est la plus rare.

Tableau des modifications.

ANGLES OBSERVÉS.	ANGLES calculés.	ANGLES de Brooke.	ANGLES de Haïdinger.
m sur m = 106°55′........	106°54′ 0″	106°54′	......
$p - m$ = 102.50........	102.54. 0	102.54	......
$m - h^1$ = 143.20........	143.27. 0	143.27	......
$p - h^1$	106. 8. 7	106. 8	......
$m - g^2$.................	160.32.55	......	......
$g^2 - g^2$ par-dessus h^1.....	67.59.50	......	68°.0′
$p - o^1$.................	147.34.25	147.34	......
$m - i$.................	100.11. 0	......	......
$p - i$ = 118.35........	118.25.42	......	......
$i - i$ = 84.45........	84.52 10	......	......
$i - i$ par-dessus i'......	95. 7.50	.....	95.15
$m - i'$.................	115 20.27	......	......
$p - i'$.................	104. 2.41	......	......
$i' - i'$.................	39.58.52	......	......
$i' - i'$ adjacent = 140°..	140. 1. 8	......	145.54
$i' - i'$ = 157°..........	157.33.21	......	......

Angle plan de la base = 104°41′ 4″
Angle plan des faces latérales = 99.46.31

$i = (b^1 d^{\frac{1}{2}} g^{\frac{1}{3}})$, $i' = (b^{\frac{1}{2}} d^{\frac{1}{3}} g^1)$.

La seconde variété de barytocalcite se présente sous forme de bipyramides dodécaèdres aiguës à triangles isocèles ; elle ne possède aucune trace de clivage, mais sa cassure transversale indique clairement que ces pyramides sont formées par trois pyramides quadrangulaires à base rhombe se pénétrant de manière à confondre leurs axes ; ce mode de groupement est encore indiqué par des stries transversales aboutissant à un léger sillon qui, partant du sommet de chaque pyramide, traverse leurs six faces et vient se terminer au milieu des côtés de l'espèce d'hexagone à

angles rentrants qui leur sert de base commune, comme l'indique la *fig.* 5.

La mesure des incidences des portions de ces mâcles qui appartiennent à un même cristal m'a fait voir qu'on pourrait facilement les faire dériver de la même forme primitive que la baryte carbonatée.

Si, en effet, on prend avec Lévy, pour forme primitive de cette substance, un prisme rhomboïdal droit de 118° 30′, dont un côté de la base est à la hauteur à peu près comme 25 : 16, *fig.* 6, une modification dont le signe cristallographique serait $b^{\frac{1}{4}}$, et qu'on n'a pas encore observée jusqu'ici dans la baryte carbonatée, offrirait les incidences suivantes :

	Baryte carbonatée.	Barytocalcite.
m sur m =	118°30′ 0″	118°50′40″
$b^{\frac{1}{4}}$ sur $b^{\frac{1}{4}}$ adjacent =	122. 9.34	*122.30. 0
$b^{\frac{1}{4}}$ — $b^{\frac{1}{4}}$ à la base =	142. 6.24	*142. 0. 0
Angle rentrant des mâcles =	178.30. 0	178.50.40

On conçoit que sur des cristaux qui, comme ceux de la barytocalcite n'ont pas plus de 5 à 6 millimètres de longueur, cet angle rentrant n'est pas saisissable.

Les deux angles précédés d'une astérique ayant été mesurés au goniomètre de réflexion, on voit que l'on peut admettre que la seconde variété de barytocalcite, offrant déjà le même genre de mâcle que la baryte carbonatée, a exactement la même forme primitive que cette substance, et qu'elle lui est isomorphe; tandis que la première variété présente un exemple bien caractérisé de dimorphisme avec la barytocalcite en prisme droit, et avec la baryte carbonatée.

Comme les diverses analyses des deux variétés de barytocalcite, faites en Angleterre, sont assez contradictoires et ne s'accordent pas entre elles, nous les avons reprises

avec tout le soin possible, afin d'établir d'une manière certaine leur formule chimique.

Au chalumeau, nous avons trouvé, pour les deux variétés, les propriétés qui sont données dans les Traités de minéralogie de MM. de Kobell et Thomson. Quand elles ont été préalablement desséchées à 100 degrés, elles ne perdent pas sensiblement de leur poids par la calcination et ne donnent pas d'humidité dans le tube, mais elles décrépitent et deviennent d'un blanc de lait.

On a cherché à déterminer la quantité d'acide carbonique, combinée avec la chaux, au moyen d'une forte calcination; mais on a reconnu que la température à laquelle le carbonate de chaux est décomposé est loin d'être suffisante pour faire perdre l'acide carbonique du carbonate de chaux contenu dans le minéral d'Alston-Moor ou de Fallowfield. Ce fait démontre bien qu'il n'y a pas simplement mélange des carbonates de baryte et de chaux, mais que c'est une véritable combinaison dans laquelle le carbonate de chaux, par son union avec le carbonate de baryte, acquiert la propriété de résister beaucoup plus à l'action de la chaleur; cette résistance est même telle, qu'il ne nous a pas été possible de décomposer complétement le carbonate de chaux de l'une ou de l'autre variété de barytocalcite dans un fourneau ordinaire de calcination : après cinq calcinations successives, dans lesquelles le carbonate ordinaire était très-facilement décomposé, la variété de Fallowfield n'avait perdu que les cinq sixièmes de la quantité qui aurait dû lui être enlevée par la chaleur, et les pertes avaient été en croissant à mesure qu'on donnait un nouveau coup de feu. Aussi, pour doser l'acide carbonique du carbonate de chaux, on a traité le minéral par l'acide acétique dans un creuset de platine taré, et on a évaporé à sec : en calcinant au rouge, on a transformé les acétates en carbonates; puis, par un coup de feu, on a chassé l'acide carbonique du carbonate : on trouve pour le carbonate de chaux, calculé

ainsi d'après la perte, 32,47. Ce nombre correspond presque exactement à la quantité de carbonate de chaux trouvée directement pour le minéral de Fallowfield; cependant il ne faut pas attacher à ce résultat plus d'importance qu'il n'en mérite, car il faut observer que ce mode de dosage n'est pas très-précis, parce que la chaux est très-hygrométrique, et qu'une erreur sur l'acide carbonique correspond à une erreur plus que double sur le carbonate de chaux.

La marche suivie pour l'analyse des deux variétés de barytocalcite d'Alston-Moor et de Fallowfield a été à peu près la même.

On a opéré sur plus de 2 grammes, qui ont été dissous dans l'acide chlorhydrique ou dans l'acide acétique; on a séparé un petit résidu soluble dans la potasse qui était de la silice; on a précipité la baryte par l'acide sulfurique, et les sulfates solubles ont été dissous, en lavant à grande eau jusqu'à ce qu'on n'observât plus de précipité sensible, par un sel de baryte; on a ensuite traité la liqueur par le carbonate d'ammoniaque, après l'avoir rendue fortement ammoniacale. L'eau mère a été évaporée à sec, pour voir s'il n'y avait pas une petite quantité d'alcali, on n'en a pas trouvé; mais, après avoir détruit les sels ammoniacaux, on a obtenu un petit résidu formé principalement de sulfate de chaux avec un peu d'oxyde de manganèse : dans les diverses analyses qu'on a faites, ce résidu représentait de 2 à 2,8 pour 100 de carbonate de chaux contenu dans la dissolution. Ce qui précède montre donc que, pour doser exactement la chaux, quand elle est dans une liqueur très-étendue à l'état de sulfate, il ne suffit pas d'y verser du carbonate d'ammoniaque, mais qu'il faut encore évaporer l'eau mère et calciner au rouge le résidu, ce qui donne un peu de sulfate de chaux : nous avons constamment obtenu un nombre trop faible pour la chaux, en ne prenant pas cette précaution. Du reste, si l'on a eu pour résidu du sulfate de chaux,

quoiqu'on eût mis un excès de carbonate d'ammoniaque, cela tient à ce que la chaux, qui était tenue en dissolution à l'aide des sels ammoniacaux dans la liqueur étendue, s'est combinée avec l'acide sulfurique du sulfate d'ammoniaque lorsqu'on a calciné au rouge pour détruire les sels ammoniacaux. Comme ici l'acide sulfurique se porte sur la chaux, on voit que les sels ammoniacaux donnent une réaction inverse de celle qu'on obtient en traitant un sulfate terreux par un carbonate alcalin proprement dit, car alors il se produit du carbonate terreux et du sulfate alcalin.

Il était important de rechercher avec beaucoup de soin si l'une ou l'autre variété de barytocalcite contenait de la strontiane; cette recherche présentait quelques difficultés à cause de la composition du minéral et parce que, d'après les analyses faites antérieurement par M. Johnston, la strontiane ne pouvait s'y trouver qu'en petite quantité : les divers procédés que nous avons employés nous en ont donné seulement un peu dans la barytocalcite de Fallowfield.

Comme le sulfate de strontiane devait se trouver dans les eaux de lavage, on les a concentrées, puis on a transformé le carbonate obtenu en sulfate; on a trouvé pour le poids du sulfate à peu près le même nombre que si l'on avait opéré sur du carbonate de chaux pur; et quand il y a une petite quantité de strontiane, cette opération ne permet pas de la reconnaître. Ensuite on a transformé de nouveau les sulfates solubles en carbonates en les pulvérisant et en les faisant bouillir pendant longtemps avec une dissolution de carbonate alcalin un peu concentré : le carbonate terreux obtenu a été redissous dans l'acide chlorhydrique, puis évaporé à sec; on n'a pas remarqué la formation d'aiguilles de chlorure de strontium; mais en traitant la liqueur par une dissolution concentrée de sulfate de chaux, on a eu, avec la barytocalcite de Fallowfield, un précipité,

qui devait être dû sulfate de strontiane et qui a servi à doser la strontiane (1).

Nous avons recherché, en outre, si dans le sulfate insoluble regardé comme sulfate de baryte, il n'y avait pas de sulfate de strontiane; pour cela nous l'avons fondu avec du carbonate de soude, nous avons repris la masse fondue par l'acide chlorhydrique, et la liqueur a été traitée par l'acide hydrofluosilicique; nous avons obtenu un précipité de fluosiliciure barytique, et la liqueur surnageant ce précipité qui était, du reste, maintenu à une température voisine de zéro, ne précipitait plus d'une manière sensible par l'acide sulfurique; par conséquent, tout le sulfate de strontiane devait avoir été dissous.

Comme M. Thomson indique du manganèse dans la barytocalcite de Fallowfield, il fallait rechercher s'il y en avait; nous avons remarqué que, quand on calcine les cristaux paraissant les plus purs, ils montrent ordinairement, après calcination, de petites taches d'un brun noirâtre qui sont dans leur intérieur; ces taches ne sont autre chose que de l'oxyde de manganèse provenant sans doute de la décomposition du carbonate qui, avant calcination, n'était pas visible dans l'intérieur du cristal.

Nous avons eu soin de prendre pour notre analyse des portions de cristaux parfaitement blanches, et nous n'avons trouvé que des traces d'oxyde de manganèse qui accompagnaient le sulfate de chaux obtenu par l'évaporation de l'eau mère. En essayant sur une feuille de platine, avec

(1) On s'est assuré, par des expériences directes, que le sulfate de strontiane et même le sulfate de baryte peuvent être transformés en carbonate par une ébullition prolongée avec une dissolution de carbonate de soude un peu concentré; d'après cela, on pouvait craindre que le précipité obtenu par la dissolution du sulfate de chaux n'eût été produit par un peu de sulfate de baryte, qui dans les premiers lavages aurait été entraîné à travers les pores du filtre; mais on a constaté que le précipité de sulfate se dissolvait d'une manière notable dans l'eau, et donnait un léger précipité avec un sel de baryte; ce devait donc être du sulfate de strontiane.

du carbonate de soude, des portions de cristal d'un blanc de lait pur, nous n'avons pas observé la coloration verte due au manganèse; nous pensons donc que le manganèse trouvé par M. Thomson dans la barytocalcite de Fallowfield y était à l'état de mélange et non pas à l'état de combinaison.

En prenant les précautions indiquées ci-dessus, et en tenant compte du poids des filtres dont on ne pouvait enlever que difficilement, d'une manière complète, le sulfate de baryte et le carbonate de chaux, nous avons obtenu les résultats suivants :

	Alston-Moor. Prisme oblique.	Fallowfield. Prisme droit.	
Carbonate de baryte.....	66,20	65,31..........	
Carbonate de chaux.....	31,89	32,90....	32,47
Carbonate de strontiane..	"	1,10..........	
Silice..................	0,27	0,20..........	
Oxyde de manganèse.....	"	0,16..........	
	98,36	99,67	

Plusieurs analyses de barytocalcite ont été faites par MM. Thomson et Johnston; voici les plus récentes de ces analyses (1) :

	Alston-Moor. Johnston.	Fallowfield. Johnston.	Bromley-Hill. Johnston.	Bromley-Hill. Thomson.
Carbonate de baryte...	65,97	65,248	62,156	60,63
Carbonate de chaux...	"	"	30,29	30,19
Carbon. de strontiane.	2,317	2,87	6,641	9,18 carbonate de manganèse.
Acide carbonique.....	30,05	29,363	29,71	"
Pesanteur spécifique...	3,646	3,706	3,70	3,718

M. Thomson avait d'abord donné, pour la barytocalcite

(1) *Philosophical Magazine*, tome X, page 375, année 1837; et tome II, page 47, même année.

de Fallowfield, la formule

$$2\dot{Ca}\ddot{C} + \dot{Ba}\ddot{C};$$

puis, d'après l'analyse qui est rapportée ici, il a adopté la formule

$$\dot{Mn}\ddot{C} + 4\dot{Ca}\ddot{C} + 4\dot{Ba}\ddot{C}.$$

M. Johnston fait observer que cette formule ne s'accorderait pas avec ses analyses, et elle est aussi en désaccord avec les nôtres; car, quand on prend des cristaux dodécaèdres bien purs, on ne trouve que des traces de manganèse; il pense que la formule des deux variétés de barytocalcite est celle qui avait été donnée par Children pour la barytocalcite d'Alston-Moore :

$$\ddot{C}\dot{Ba} + \ddot{C}\dot{Ca}.$$

Cette formule est aussi celle à laquelle nous avons été conduit par nos analyses. En calculant les quantités de carbonate de baryte et de chaux qui lui correspondent, on trouve :

Carbonate de baryte..	1 atome =	66,2	100
Carbonate de chaux..	1 atome =	33,8	

Il serait difficile de donner une formule simple dans laquelle entrerait la quantité de strontiane, et nous pensons même qu'on ne doit pas chercher à l'établir; car elle est en si petite quantité dans la barytocalcite de Fallowfield, qu'il n'est pas probable qu'elle influe sur sa forme cristalline; nous sommes portés à la regarder comme étant accidentelle, ainsi que cela a lieu dans certaines variétés d'arragonite, où l'on ne saurait lui attribuer la forme cristalline que prend alors la chaux carbonatée.

NOTE SUR UNE NOUVELLE MACLE DU RUTILE;

PAR M. DESCLOIZEAUX.

La collection de l'école des Mines s'est enrichie, depuis quelque temps, de plusieurs petits cristaux de rutile, de Cerrado-Frio, au Brésil, à faces parfaitement unies et miroitantes, translucides et d'un rouge vif. L'un de ces échantillons offre une forme qui mérite une description particulière. Cette forme est représentée par la *fig.* 1, *Pl. IV*; c'est une mâcle de deux cristaux groupés suivant un plan parallèle à une modification dont le signe cristallographique serait $b^{\frac{1}{3}}$, et qui, jusqu'ici, n'a jamais été observée dans le rutile.

Chacun des deux cristaux qui composent la mâcle offre, en outre, une sorte d'hémiédrie qui ne s'était pas non plus présentée dans ce minéral, mais qui ne provient du reste que de l'agrandissement excessif de deux de leurs faces, agrandissement qui a fait disparaître trois des faces qu'on trouve ordinairement sur les cristaux de Hongrie et sur ceux du Saint-Gothard.

La *fig.* 1 montre, en effet, que chaque moitié de la mâcle ne possède que deux des trois faces m, qui devraient être visibles, la quatrième disparaissant dans le groupement des deux cristaux; quatre des faces g^2, qui, d'après la nature de la forme primitive du rutile, devraient être au nombre de huit; les quatre faces b^1 du pointement et deux des quatre faces a^1, dont les deux autres sont aussi masquées par le groupement. Il est facile de voir, en jetant un coup d'œil sur la figure, que des quatre faces g^2 qui manquent sur chaque cristal, deux peuvent se trouver cachées par la mâcle, tandis que les deux autres que la symétrie exigeait, ont été éteintes par l'extension des deux faces de même nature qui, sur la figure, se réunissent en une arête aiguë;

on remarque aussi que la face *m*, qui devrait tronquer régulièrement cette arête de jonction, n'existe pas; l'examen à la loupe de l'échantillon n'a pu m'en faire découvrir aucune trace.

Les cristaux de rutile étant rarement aussi nets que ceux dont je viens de parler, j'en ai profité pour reprendre les incidences de ce minéral et pour déterminer exactement les dimensions de sa forme primitive.

En opérant avec le plus grand soin sur la màcle et sur d'autres petits cristaux non màclés, j'ai trouvé que les incidences des quatre faces b^1 sur un même cristal n'étaient pas parfaitement identiques, ainsi que M. Breithaupt l'a constaté depuis longtemps pour les octaèdres d'anatase. Cependant, comme l'incidence de b^1 sur a^1 m'a toujours donné un nombre constant et égal à 151° 30′, et que, d'ailleurs, le double clivage du rutile produit des faces faisant exactement entre elles l'angle de 90 degrés, il est impossible, quoiqu'on ne puisse se rendre compte de ces variations d'angles qui devraient être parfaitement égaux, de ne pas admettre que le rutile a pour forme primitive un prisme droit à base carrée.

Les dimensions de ce prisme, déterminées au moyen des inclinaisons de b^1 sur a^1 et de b^1 sur b^1, sont : un côté de la base est à la hauteur :: 1044 : 675.

Le tableau suivant donne la comparaison des autres incidences qu'on déduit de ce rapport, avec la moyenne de toutes mes observations.

ANGLES OBSERVÉS.	ANGLES C en pa des dim d pris
b^1 sur b^1 adjacent = 135° 5′ 13″ moy. de neuf observ.	134°
b^1 — b^1 au som^t^. = 114 11.15 moy. de quatre obs.	114.
a^1 — b^1 = 151.30. 0 trois obs. semblabl.	151.
a^1 — a^1 = 122.55. 0	123.
a^1 — g^2 = 129. 0. 0 environ	129.
m — g^2 = 153.30. 0	153.
g^2 — g^2 = 126.55. 0	126.
m — b^1 = 122.52.30 moy. de deux obs..	122.
Angle aigu de la mâcle, formé par les arêtes d'intersect. des faces g^2 de chaq. cristal = 55° envir.	54.

RECHERCHES SUR LES DIVERSES ESPÈCES DE CI

PAR M. B. LEWY.

(Mémoire lu au congrès scientifique de Christiania ; séance du 14 jui

---

Je viens solliciter l'attention bienveillante de la en lui présentant le résultat de quelques recherche différentes espèces de cires. La communication qu aujourd'hui n'offre que la première partie d'un M que je me propose de publier plus tard ; j'ose esp pendant que ce travail présentera quelque intérêt de plusieurs faits qui me semblent nouveaux.

Les cires proprement dites peuvent provenir d animal ou du règne végétal.

Les abeilles et tous les insectes appartenant à l famille sécrètent la cire sous la forme de lamelles e ment minces.

ires fournies par les plantes se trouvent le p

vent à la surface des feuilles ou des tiges sous forme de poussière. L'aspect particulier qu'elle donne aux parties recouvertes est désigné sous la dénomination *glauque*.

Cire des abeilles.

J'ai déjà publié sur la cire des abeilles quelques expériences que j'ai présentées à l'Académie des Sciences, à Paris, le 3 avril 1843; mais je crois devoir y revenir à l'occasion d'une Note publiée en Angleterre par MM. Warington et Francis (1).

Ces chimistes ont cru pouvoir contester la valeur des expériences que j'avais faites dans le laboratoire de M. Dumas. Je me serais empressé de leur répondre, si j'avais eu plus tôt connaissance de la Note qu'ils ont publiée.

J'ai bien lu, à la fin de l'année dernière, une critique de M. Liebig, sur les travaux de MM. Dumas, Boussingault, Payen et Milne Edwards, dans laquelle il parle aussi de mon travail. Mais comme M. Liebig, sans avoir répété aucune expérience par lui-même, et d'ailleurs ne citant pas MM. Warington et Francis, se bornait simplement à dire que toutes mes expériences sur la cire des abeilles étaient fausses, je n'ai pas cru devoir répondre.

M. Liebig n'est plus revenu sur ce sujet, et je dois supposer qu'il s'est basé uniquement sur les expériences de MM. Warington et Francis; aussi ma réponse sera-t-elle très-facile.

J'ai dit que la cire se transforme complétement en un savon soluble lorsqu'on la traite par une lessive très-concentrée de potasse.

J'ai démontré ensuite, et l'expérience a été plusieurs fois répétée, que si l'on traite la cérine par la chaux potassée, il se dégage de l'hydrogène pur, et qu'il se forme en même temps un acide qui reste en combinaison avec l'alcali. Pour

---

(1) *Philosophical Magazine*, tome XXIV, page 17.

obtenir cette réaction, on mélange la cérine le mieux possible avec la chaux potassée; le mélange est introduit dans un petit ballon muni d'un tube pour recueillir les gaz, et le ballon étant plongé dans un bain métallique, on le chauffe entre 220 et 230 degrés centigrades, température à laquelle l'hydrogène se dégage.

Il est facile d'extraire et de purifier l'acide du savon qu'on obtient de cette manière.

Cet acide est parfaitement blanc, cristallisé, il fond à 70 degrés centigrades; par conséquent, il a exactement le même point de fusion que l'acide stéarique, et les analyses suivantes ont démontré leur identité parfaite :

I. 0^{gr},553 de matière ont donné 0,641 d'eau et 1,556 d'acide carbonique.

II. 0^{gr},737 de la même matière ont donné 0,851 d'eau et 2,082 d'acide carbonique.

III. 0^{gr},562 d'une autre préparation ont donné 0,645 d'eau et 1,581 d'acide carbonique.

IV. 0^{gr},721 de la même matière ont donné 0,832 d'eau et 2,027 d'acide carbonique.

Ces nombres, traduits en centièmes, donnent :

	I.	II.	III.	IV.
Carbone........	76,73	77,04	76,71	76,67
Hydrogène......	12,86	12,82	12,74	12,81
Oxygène........	10,41	10,14	10,55	10,52
	100,00	100,00	100,00	100,00

On voit que ces chiffres sont précisément ceux obtenus par M. Redtembacher, qui dans ces derniers temps a exécuté un travail très-intéressant sur l'acide stéarique.

Les résultats obtenus par MM. Warington et Francis sont les suivants :

1°. En traitant la cire par une dissolution ordinaire de potasse, par conséquent une dissolution faible, ils disent avoir obtenu exactement les mêmes résultats que M. Berzelius; ils ont ainsi obtenu un savon très-dur, qui était difficilement soluble dans l'eau, et dont les acides séparaient la cire dans un état presque inaltéré. D'où ces chimistes

concluent que mon expérience est inexacte, et que la cire n'est pas saponifiable.

2°. Ces chimistes ont fait tomber goutte à goutte de la potasse en fusion dans de la cire fondue; par ce procédé ils ont eu un faible dégagement de gaz, et toute la matière s'est prise en une masse gélatineuse d'une couleur jaune, qui était presque entièrement soluble dans une grande quantité d'eau.

Ils ont ajouté à la liqueur filtrée une dissolution de sel marin, afin de précipiter la substance cireuse; elle a été lavée, dissoute de nouveau, et reprécipitée au moyen de l'acide chlorhydrique. Par ce procédé, ils ont obtenu une substance cireuse, très-fragile, qui fondait à 74 degrés centigrades; ils ont trouvé les résultats suivants pour la composition de ce corps :

0gr,346 de matière ont donné 0,427 d'eau et 1,005 d'acide carbonique.

Ce qui fait en centièmes :

Carbone..........	79,21 (*)
Hydrogène.........	13,70
Oxygène...........	7,09

Voilà l'expérience unique sur laquelle ces chimistes se sont fondés pour conclure que la cérine ne se transforme point en acide stéarique.

Je ne crois pas avoir besoin d'insister plus longtemps sur les expériences de MM. Warington et Francis; au lieu de répéter mes expériences, ils en ont fait d'autres; il n'est donc pas étonnant qu'ils soient parvenus à des résultats différents.

Je laisse à présent de côté ces expériences pour vous communiquer celles que j'ai faites depuis sur la cire des abeilles; la cire dont je me suis servi était parfaitement pure; je la dois à la bienveillance de M. Boussingault.

En comparant la cire blanchie sur le pré avec la cire non

(*) C = 75.

blanchie, on trouve que la dernière contient plus de carbone et moins d'oxygène. Les analyses ont donné les résultats suivants :

I. 1gr,032 de la cire blanchie ont donné 1,229 d'eau et 3,000 d'acide carbonique.

II. 0gr,709 de la même substance ont donné 0,840 d'eau et 2,059 d'acide carbonique.

III. 0gr,677 de la cire non blanchie ont donné 0,815 d'eau et 1,986 d'acide carbonique.

IV. 0gr,949 de la même matière ont donné 1,143 d'eau et 2,801 d'acide carbonique.

V. 0gr,747 d'une autre matière (provenant d'une ruche parfaitement blanche et dans laquelle les abeilles n'avaient déposé ni miel ni larves, fondant à 64 degrés centigrades comme la précédente), ont donné 0,905 d'eau et 2,197 d'acide carbonique.

Ces nombres, traduits en centièmes, donnent :

	Cire blanchie.		Cire non blanchie.		
	I.	II.	III.	IV.	V.
Carbone	79,27	79,20	80,00	80,48	80,20
Hydrogène......	13,22	13,15	13,36	13,36	13,44
Oxygène........	7,51	7,65	6,64	6,16	6,36
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

M. Gerhardt (1) considère la cire comme une aldéhyde stéarique, et il représente cette substance par la formule suivante :

C^{38}........	2850,0	80,85	(2)
H^{38}........	475,0	13,47	
O^{2}.........	200,0	5,67	
	3525,0	99,99	

Je ne veux pas, pour le moment, discuter l'exactitude de cette formule; cependant on voit qu'elle n'est pas très-concordante avec le résultat des analyses.

La *cérine* provenant de la cire blanchie contient, de

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, tome XVI, page 940.

(2) $C = 75$, $H = 12,5$.

même, moins de carbone et plus d'oxygène que la cérine de la cire non blanchie.

Les analyses ont donné les résultats suivants :

I. $0^{gr},755$ de la cérine, de la cire blanchie, ont donné 0,898 d'eau et 2,190 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},728$ de la cérine, de la cire non blanchie, ont donné 0,893 d'eau et 2,150 d'acide carbonique.

III. $0^{gr},725$ de la même matière ont donné 0,870 d'eau et de 2,133 d'acide carbonique.

IV. $0^{gr},799$ de la même matière ont donné 0,960 d'eau.

Ce qui fait en centièmes :

	Cérine de la cire blanchie.	Cérine de la cire non blanchie.		
	I.	II.	III.	IV.
Carbone........	79,10	80,53	80,23	"
Hydrogène......	13,20	13,61	13,31	13,34
Oxygène.........	7,70	5,86	6,46	"

La *myricine* de la cire blanchie et celle de la cire non blanchie ont tout à fait la même composition ; ce qui résulte des analyses suivantes :

I. $0^{gr},732$ de la myricine, de la cire blanchie, ont donné 0,872 d'eau et 2,155 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},618$ de la myricine, de la cire non blanchie, ont donné 0,742 d'eau et 1,817 d'acide carbonique.

III. $0^{gr},747$ de la même matière ont donné 0,898 d'eau et 2,199 d'acide carbonique.

Ces nombres, traduits en centièmes, donnent :

	Myricine de la cire blanchie.	Myricine la cire non blanchie.	
	I.	II.	III.
Carbone........	80,28	80,18	80,28
Hydrogène......	13,22	13,33	13,34
Oxygène........	6,50	6,49	6,38

Les expériences qui suivent ont été exécutées seulement avec de la cire non blanchie.

J'ai déjà parlé de deux substances qui sont contenues dans la cire : la cérine et la myricine ; mais elle en renferme encore une troisième, qui n'avait pas été reconnue

jusqu'à présent, et que j'appelle provisoirement *céroléine*, de *cera* et *oleum*.

On obtient cette substance en traitant la cire par de l'alcool bouillant qui dissout la cérine; celle-ci se sépare, par le refroidissement, sous forme de petites aiguilles très-fines. Par la filtration, on sépare l'alcool, et, en évaporant, on obtient la céroléine.

Cette substance est très-molle; elle fond à 28°,5 centigrades; elle est très-soluble dans l'alcool et l'éther froids, et a une réaction acide sur le papier de tournesol. La cire en contient environ 4 à 5 pour 100.

L'analyse de la céroléine m'a donné les résultats suivants :

0gr,418 de matière ont fourni 0,471 d'eau et 1,207 d'acide carbonique.

Ce qui donne en centièmes :

Carbone........	78,74
Hydrogène......	12,51
Oxygène.........	8,75
	100,00

Acide cérinique.

En traitant la cérine par la potasse en dissolution, on obtient un savon, et au moyen de l'acide chlorhydrique, il se sépare un acide gras auquel je donne le nom d'*acide cérinique*.

Cet acide est blanc, cristallisable, fond à 65 degrés centigrades; il est très-peu soluble dans l'alcool et l'éther, même à chaud; mais se dissout plus facilement dans l'alcool absolu.

L'analyse m'a donné les résultats suivants :

I. 0gr,693 de matière ont donné 0,858 d'eau et 2,026 d'acide carbonique.
II. 0gr,504 de matière ont donné 0,623 d'eau et 1,475 d'acide carbonique.

Ce qui donne en centièmes :

	I.	II.
Carbone........	79,72	79,81
Hydrogène......	13,74	13,72
Oxygène........	6,54	6,47
	100,00	100,00

Acide myricinique.

C'est ainsi que je désigne l'acide qu'on obtient en traitant la myricine de la même manière que la cérine. L'acide myricinique a à peu près les mêmes caractères que l'acide cérinique, mais il fond à 60°,5 centigrades, et son analyse a donné les résultats suivants :

I. 0gr,599 de matière ont donné 0,711 d'eau et 1,710 d'acide carbonique.
II. 0gr,505 de matière ont donné 0,599 d'eau et 1,439 d'acide carbonique.

Ce qui donne en centièmes :

	I.	II.
Carbone.......	77,85	77,71
Hydrogène......	13,17	13,17
Oxygène........	8,98	9,12
	100,00	100,00

Quand on fait réagir l'acide nitrique sur la cire, on obtient une série d'acides analogues à ceux que M. Laurent a obtenus avec les huiles grasses. Ces transformations ont été signalées par M. Gerhardt. M. Ronalds a démontré la formation de l'acide succinique comme résultat d'oxydation finale.

Cire de Chine.

On trouve en Chine dans le commerce une cire qui offre l'aspect extérieur du blanc de baleine ; elle est cristallisée et d'un blanc éclatant.

Cette substance, d'origine végétale (*Rhus succedaneum*), a un point de fusion beaucoup plus élevé que celui de la cire des abeilles ; elle ne fond qu'à 82°,5 centigrades. Elle est très-peu soluble dans l'alcool et l'éther bouillant ; mais l'huile de naphte la dissout facilement.

Le produit de sa distillation est blanc ; il n'offre pas la même composition que la matière non distillée.

Quand on la fait bouillir avec une lessive de potasse, cette cire se transforme entièrement en savon soluble ; elle se combine de même avec la baryte.

Je n'ai pas pu en extraire de glycérine en la traitant par l'oxyde de plomb.

Deux analyses exécutées sur cette cire ont fourni les résultats suivants :

I. $0^{gr},885$ de matière ont donné 1,047 d'eau et 2,616 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},449$ de matière ont donné 0,546 d'eau et 1,329 d'acide carbonique.

Ce qui donne en centièmes :

	I.	II.
Carbone........	80,60	80,71
Hydrogène......	13,13	13,49
Oxygène........	6,27	5,80

En calculant les nombres précédents d'après la formule

$$C^{72}H^{72}O^4,$$

on aurait

C^{72}........	5400,0	80,59
H^{72}........	900,0	13,43
O^4........	400,0	5,97
	6700,0	99,99

résultat qui s'accorde très-bien avec les analyses.

Acide sinésique.

Quand on traite la cire de Chine par la chaux potassée, on obtient, de même qu'avec la cire des abeilles, un acide blanc cristallisé, mais ce n'est plus de l'acide stéarique ; c'est un acide particulier que je propose d'appeler *acide sinésique*, mot qui rappelle son origine. Il fond à 80 degrés centigrades, et il m'a donné, à l'analyse, les résultats suivants :

I. $0^{gr},376$ de matière ont donné 0,440 d'eau et 1,077 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},346$ de matière ont donné 0,412 d'eau et 0,996 d'acide carbonique.

Ce qui donne en centièmes :

	I.	II.
Carbone........	78,11	78,49
Hydrogène......	12,99	13,21
Oxygène........	8,90	8,30

Ces nombres correspondent très-bien à la formule

$$C^{72}H^{72}O^6;$$

on a, en effet;

C^{12}........	5400,0	78,26
H^{12}........	900,0	13,04
O^{6}........	600,0	8,69
	6900,0	99,99

Sous l'influence oxydante de l'acide nitrique, cette cire paraît fournir les mêmes produits que ceux qu'on obtient par cet acide et la cire des abeilles.

Cire de palmier.

La cire de palmier est produite par le *Ceroxylon andicola,* qui est très-abondant dans la Nouvelle-Grenade.

M. Boussingault, qui a visité ce pays, donne les renseignements suivants sur la manière dont on se procure cette substance :

« Les Indiens se procurent la cire en raclant l'épiderme » du palmier. Les raclures sont ensuite mises à bouillir » dans l'eau : la cire surnage sans fondre; elle est seulement amollie, et les impuretés qu'elle renferme se déposent. C'est avec cette substance, à laquelle on ajoute » souvent une petite quantité de suif, pour la rendre moins » fragile, que l'on fait les pains de cire et les bougies que » l'on trouve dans le commerce du pays. »

Je dois à l'obligeance de M. Goudot une certaine quantité de cette cire, qu'il a recueillie lui-même.

A l'état brut, cette substance est d'un blanc grisâtre et sous la forme d'une poudre grossière. Pour la purifier, je l'ai fait bouillir pendant quelque temps avec de l'eau, ensuite je l'ai traitée à différentes reprises avec de grandes quantités d'alcool bouillant, afin d'en séparer toute la résine avec laquelle elle est mélangée. La cire elle-même est peu soluble dans l'alcool bouillant, et par le refroidissement elle se précipite.

La cire ainsi obtenue, exempte de toute résine, est d'un blanc jaunâtre, elle entre en fusion à 72 degrés centigrades;

l'analyse de cette substance a donné les résultats suivants :

0gr,483 de matière ont donné 0,579 d'eau et 1,430 d'acide carbonique.

Ce qui donne en centièmes :

	Boussingault (1).	Lewy.
Carbone.........	80,48	80,73
Hydrogène.......	13,29	13,30
Oxygène.........	6,23	5,97
	100,00	100,00

Cire du myrica.

On obtient cette cire en faisant bouillir dans l'eau les baies de plusieurs espèces de *myrica*, entre autres le *Myrica cerifera*, arbre très-commun dans la Louisiane et dans les régions tempérées des Indes.

D'après M. Boussingault, ces baies rendent jusqu'à 25 pour 100 de cire, et un arbuste peut produire annuellement environ 12 à 15 kilogrammes de fruits.

La cire brute est verte, cassante; d'après M. Chevreul, elle est saponifiable et donne les acides stéarique, margarique et oléique, ainsi que de la glycérine.

M. Goudot a bien voulu m'offrir un petit échantillon de la cire du myrica, que j'ai purifiée avec soin en lui faisant subir des traitements avec de l'eau bouillante et avec de l'alcool froid.

Purifiée, elle est d'un jaune verdâtre, son point de fusion est à 47°,5 centigrades, et l'analyse de cette cire m'a donné les résultats suivants :

0gr,421 de matière ont fourni 0,458 d'eau et 1,146 d'acide carbonique.

Ce qui donne en centièmes :

Carbone.........	74,23
Hydrogène......	12,07
Oxygène........	13,70
	100,00

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, tome LIX, page 19.

Cire de Carnauba.

Cette cire est produite par un palmier qui croît en abondance dans les provinces du nord du Brésil, particulièrement dans la province du Céara.

Elle forme une couche mince sur la surface des feuilles, et pour se la procurer on coupe les feuilles, on les fait sécher à l'ombre, et bientôt il s'en détache des écailles d'une véritable cire qui ensuite est fondue et employée à la fabrication des bougies.

La cire de Carnauba est soluble dans l'alcool bouillant et dans l'éther; par le refroidissement, elle se prend en une masse cristalline.

Elle fond à 83°,5 centigrades; elle est très-cassante et se laisse facilement réduire en poudre.

L'analyse de cette cire m'a donné les résultats suivants :

I. 0gr,433 de matière ont donné 0,510 d'eau et 1,276 d'acide carbonique.
II. 0gr,485 de matière ont donné 0,571 d'eau et 1,428 d'acide carbonique.
III. 0gr396, de matière ont donné 0,466 d'eau.

Ce qui donne en centièmes :

	I.	II.	III.
Carbone........	80,36	80,29	"
Hydrogène......	13,07	13,07	13,06
Oxygène........	6,57	6,64	"

C'est à la bonté de M. Dumas que je dois d'avoir pu examiner cette substance, ainsi que les trois cires suivantes.

Cire d'Ocuba.

La cire d'Ocuba provient d'un arbuste très-répandu dans la province du Para, et on la rencontre également dans la Guyane française.

M. Adolple Brongniart pense que c'est une des trois espèces suivantes qui donnent cette cire :

Myristica ocoba, Humboldt et Bonplandt;

Myristica officinalis, Martius;

Myristica sebifera, Swartz (*Virola sebifera*, Aublet).

D'après la description donnée par M. Sigaud (1), cet arbuste croît dans des terrains marécageux; il donne un fruit de la forme et de la grosseur d'une balle de fusil; il a un noyau recouvert d'une pellicule épaisse cramoisie, qui teint l'eau en rouge en donnant une excellente couleur pourpre.

Pour extraire la cire, on pile les noyaux, on les réduit en pulpe et on les fait bouillir pendant quelque temps avec de l'eau; par ce moyen la cire vient surnager à la surface.

On tire de 16 kilogrammes de semences 3 kilogrammes de cire qui, dans le pays, est employée pour la fabrication des bougies.

La cire a une couleur d'un blanc jaunâtre; elle est soluble dans l'alcool bouillant, et entre en fusion à 36°,5 centigrades. L'analyse de cette substance a donné les résultats suivants :

I. 0gr,476 de matière ont donné 0,489 d'eau et 1,290 d'acide carbonique.
II. 0gr,498 de matière ont donné 0,507 d'eau et 1,353 d'acide carbonique.

Ce qui donne en centièmes :

	I.	II.
Carbone..........	73,90	74,09
Hydrogène........	11,40	11,30
Oxygène..........	14,70	14,61
	100,00	100,00

Cire de Bicuiba.

M. Adolphe Brongniart regarde cette cire comme provenant du *Myristica bicuhyba* (Schott).

Je n'ai pas pu, du reste, me procurer une description sur la manière dont on recueille cette cire, mais je suppose que c'est à peu près par un moyen analogue à celui qu'on emploie pour la cire d'Ocuba.

C'est à M. Sigaud qu'est dû cet échantillon de cire qu'il avait envoyé à l'Académie des Sciences de Paris.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* tome XVII, p. 1321.

La cire est d'une couleur blanc-jaunâtre; soluble dans l'alcool bouillant, elle entre en fusion à 35 degrés centigrades.

Deux analyses exécutées sur cette substance m'ont donné les résultats suivants :

I. 0gr,418 de matière ont donné 0,436 d'eau et 1,140 d'acide carbonique.
II. 0gr,485 de matière ont donné 0,487 d'eau et 1,323 d'acide carbonique.

Ce qui donne en centièmes :

	I.	II.
Carbone...........	74,37	74,39
Hydrogène........	11,10	11,13
Oxygène..........	14,53	14,48
	100,00	100,00

Cire des cannes à sucre (cérosie).

En raclant la surface de l'écorce des cannes à sucre, et particulièrement la variété violette, on obtient une substance cireuse que M. Avequin a appelée *cérosie*.

Elle se présente sous la forme d'une poussière blanche qui recouvre l'écorce. La canne à rubans en contient également une grande quantité; celle d'Otahiti beaucoup moins, et la canne créole presque pas.

A l'état de pureté, elle est blanche, cristallisable, et fond à 82 degrés centigrades; cette cire est insoluble dans l'alcool froid, très-soluble dans l'alcool bouillant; elle est insoluble dans l'éther froid et difficilement soluble dans l'éther chaud. Elle est très-dure et se laisse facilement réduire en poudre.

D'après M. Avequin, 1 hectare de canne violette peut fournir environ 100 kilogrammes de cire.

M. Dumas, qui le premier a analysé cette substance, a trouvé que sa composition était représentée par la formule suivante :

$$C^{48} H^{50} O^{2};$$

on a, en effet :

		Calculé.	Trouvé.		
C^{44}........	3600,0	81,4	81,4	81,2	81,0
H^{50}........	625,0	14,1	14,2	14,2	14,0
O^{2}.........	200,0	4,5	4,4	4,6	5,0
	4425,0	100,0	100,0	100,0	100,0

M. Dumas a bien voulu me confier le soin de répéter ces analyses, et à cette occasion il m'a remis un petit échantillon de cérosie qu'il avait purifié lui-même, et qui était une partie de celui qui avait servi à ses analyses.

Trois analyses exécutées sur cette matière ont fourni les résultats suivants :

I. $1^{gr},019$ de matière ont donné 1,251 d'eau et 3,041 d'acide carbonique.
II. $0^{gr},457$ de matière ont donné 0,564 d'eau et 1,367 d'acide carbonique.
III. $0^{gr},397$ de matière ont fourni 0,488 d'eau et 1,190 d'acide carbonique.

Ce qui donne en centièmes :

	I.	II.	III.
Carbone........	81,38	81,57	81,74
Hydrogène......	13,63	13,70	13,64
Oxygène........	4,99	4,73	4,62
	100,00	100,00	100,00

Comme on vient de le voir, mes analyses diffèrent un peu, pour l'hydrogène, de celles de M. Dumas; mais je ferai remarquer que les analyses de M. Dumas ont été exécutées par l'ancien procédé, à l'aide du broyage avec de l'oxyde de cuivre fin, et, par conséquent, hygrométrique.

Mes analyses concordent d'ailleurs très-bien avec une analyse que M. Dumas a faite postérieurement à la publication de son Mémoire et en faisant usage du nouveau procédé de combustion.

En calculant les nombres précédents d'après la formule

$$C^{44} H^{44} O^{2},$$

on aurait :

C^{44}........	3600,0	81,82
H^{44}........	600,0	13,63
O^{2}........	200,0	4,55
	4400,0	100,00

résultat qui s'accorde avec les analyses.

Cire des Andaquies.

C'est encore à l'obligeance de M. Goudot que je dois d'avoir pu examiner cette substance, et voici les renseignements qu'il a bien voulu me donner sur la manière dont on la recueille.

« La cire des Andaquies s'obtient par échange avec les » Indiens encore non soumis, habitant la vaste région boi- » sée et sillonnée par ce réseau de grandes rivières affluentes » de l'Orénoque et de l'Amazone, à l'est des Cordilières » de la Nouvelle-Grenade.

» J'ai eu occasion de voir cette substance dans les plai- » nes du haut Orénoque et à la partie supérieure du » fleuve de la Magdelaine, où elle est connue sous le nom » de *cera de los Andaquies;* elle y remplace en partie la » cire des abeilles dans la fabrication des cierges destinés » au culte, celle d'Europe manquant souvent, et d'ailleurs » étant toujours d'un prix très-élevé.

» Ce sont particulièrement les Indiens de la petite tribu ou » nation *Tamas,* vivant sur les bords du Rio-Caqueta, qui » s'occupent à recueillir cette cire, qui, d'après le dire des » hommes occupés à ce trafic, serait le produit d'un petit » insecte (*aveja,* nom générique employé par les Espagnols » pour les Mélipones en général), très-commun en ces pa- » rages, formant sur un même arbre un grand nombre de » petites ruches, qui ne donnent guère que 100 à 250 » grammes de cire jaune. »

Après avoir purifié cette substance en la traitant avec de l'eau bouillante, on trouve que son point de fusion est à 77 degrés centigrades, et que sa densité est de 0,917 à 0 degré.

Deux analyses exécutées sur cette cire ont fourni les résultats suivants :

I. $0^{gr},673$ de matière ont donné 0,825 d'eau et 2,015 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},620$ de matière ont donné 0,754 d'eau et 1,857 d'acide carbonique.

Ce qui donne en centièmes :

	I.	II.
Carbone........	81,65	81,67
Hydrogène......	13,61	13,50
Oxygène........	4,74	4,83
	100,00	100,00

La cire des Andaquies, de même que la cire des abeilles, contient trois principes différents, qu'on sépare par des traitements avec de l'alcool bouillant.

L'opération est exactement la même que lorsqu'il s'agit de séparer la cérine, la myricine et la céroléine ; c'est-à-dire qu'on fait bouillir la cire avec environ quinze à seize fois son poids d'alcool; par le refroidissement, la liqueur se prend en une masse gélatineuse qu'on jette sur un filtre, et la liqueur filtrée sert de nouveau à dissoudre une nouvelle quantité de cette substance. On continue ainsi l'opération, mais toujours en diminuant la quantité d'alcool, et on arrive à un point où l'alcool ne dissout presque plus de matière. C'est le moyen qui m'a toujours bien réussi pour en séparer les deux premières substances; ici comme avec la cire des abeilles, on trouve constamment les deux substances avec leur point de fusion propre.

Pour obtenir la troisième substance, on n'a qu'à évaporer l'alcool, cette matière étant très-soluble dans l'alcool à froid.

Les trois substances que j'ai trouvées dans la cire des Andaquies sont les suivantes :

Cire de palmier environ......	50	pour 100
Cérosie........	45	»
Matière huileuse.......	5	»

Ainsi, abstraction faite de la matière huileuse, que je n'ai pas encore analysée, on peut dire que la cire des Andaquies est un mélange de cire de palmier et de cérosie ; c'est là certainement un fait très-curieux, et qui, sous le point de vue de la physiologie animale, mérite que nous nous y arrêtions un instant; mais nous allons d'abord démontrer

l'identité parfaite de ces deux substances avec la cérosie et la cire de palmier précédemment analysées.

Nous avons trouvé, en effet, que le point de fusion de la cérosie, extraite de la cire des Andaquies, était à 82 degrés centigrades, c'est-à-dire exactement le même que celui de la cérosie de la canne à sucre.

Trois analyses exécutées sur cette substance ont fourni les résultats suivants :

I. $0^{gr},490$ de matière ont donné 0,609 d'eau et 1,464 d'acide carbonique.
II. $0^{gr},335$ de matière ont donné 0,414 d'eau et 1,003 d'acide carbonique.
III. $0^{gr},503$ de matière ont donné 0,620 d'eau et 1,504 d'acide carbonique.

Ce qui donne en centièmes :

	I.	II.	III.
Carbone.......	81,48	81,65	81,54
Hydrogène.....	13,79	13,72	13,68
Oxygène.......	4,73	4,63	4,78
	100,00	100,00	100,00

Or, telle est précisément la composition que nous avons trouvée pour la cérosie de la canne à sucre.

Quant à la deuxième substance, nous avons trouvé que son point de fusion et sa composition étaient exactement le même que celle de la cire de palmier; en effet, elle fond à 72 degrés centigrades, et elle m'a donné à l'analyse les résultats suivants :

I. $0^{gr},477$ de matière ont donne 0,573 d'eau et 1,415 d'acide carbonique.
II. $0^{gr},409$ de matière ont donné 0,495 d'eau et 1,217 d'acide carbonique.
III. $0^{gr},328$ de matière ont donné 0,397 d'eau et 0,972 d'acide carbonique.

Ces nombres, traduits en centièmes, donnent :

	I.	II.	III.
Carbone.......	80,89	81,14	80,81
Hydrogène.....	13,33	13,43	13,43
Oxygène.......	5,78	5,43	5,76
	100,00	100,00	100,00

Les résultats qui précèdent ne permettent aucun doute

sur l'identité parfaite de ces deux substances avec la cérosie et la cire de palmier.

Jusqu'à présent, je n'ai fait que quelques expériences sur la cérosie; le temps ne m'a pas permis d'étudier la cire de palmier.

Acide cérosique.

C'est ainsi que j'appelle l'acide qu'on obtient en traitant la cérosie par de la chaux potassée.

La cérosie, bien mélangée avec de la chaux potassée, est introduite dans un petit ballon muni d'un tube recourbé pour recueillir les gaz. Le ballon étant chauffé au bain d'alliage, on voit la réaction s'opérer vers 250 degrés centigrades; il se dégage une grande quantité de gaz qu'on a reconnu pour être de l'hydrogène pur.

Le dégagement terminé, on retire le ballon, et la matière étant restée parfaitement blanche, on la fait bouillir avec de l'eau et de l'acide chlorhydrique.

Après avoir séparé l'acide gras, on le lave à plusieurs reprises avec de l'eau bouillante; et, pour le débarrasser d'un peu de cérosie qui aurait pu échapper à la réaction, on en forme un savon de baryte, qui, évaporé à sec, est traité par de l'alcool bouillant, jusqu'à ce qu'il ne se dissolve plus de matière; on la soumet ensuite au traitement de l'eau bouillante et de l'acide chlorhydrique, et afin de purifier l'acide ainsi obtenu, on le dissout dans de l'huile de naphte récemment rectifiée.

La liqueur filtrée et évaporée au bain d'huile à 140 degrés centigrades nous a fourni un acide blanc, cristallisé, très-peu soluble dans l'alcool et l'éther bouillants, et dont le point de fusion est à 93°,5 centigrades; l'analyse de cet acide m'a donné les résultats suivants :

I. $0^{gr},370$ de matière ont donné 0,445 d'eau et 1,087 d'acide carbonique.

II. $0^{gr},313$ de matière ont donné 0,379 d'eau et 0,920 d'acide carbonique.

de matière ont donné 0,731 d'acide carbonique.

Ces nombres, traduits en centièmes, donnent :

	I.	II.	III.
Carbone.......	80,11	80,15	80,06
Hydrogène......	13,35	13,44	"
Oxygène.......	6,34	6,41	"

résultats qui peuvent se représenter par la formule suivante :

$$C^{44} H^{44} O^{2},$$

qui donne, en effet,

C^{44}........	3600,0	80,00
H^{44}........	600,0	13,33
O^{2}.........	300,0	6,67
	4500,0	100,00

L'équation suivante rend compte de la réaction d'une manière très-simple :

$$C^{44} H^{44} O^{2} + HO = C^{44} H^{44} O^{3} + H \text{ qui se dégage.}$$

Cette formule, d'après le petit nombre d'équivalents d'oxygène, mériterait cependant d'être contrôlée par d'autres expériences, car elle a peu d'analogues parmi les formules des acides organiques.

Je regrette beaucoup de n'avoir pas pu pousser plus loin mes expériences sur la cérosie, substance qui, à tous égards, aurait mérité une étude plus approfondie ; mais la petite quantité de matière m'a forcé de les interrompre. Tout ce que j'aurai à ajouter, c'est que la cérosie entre en combinaison avec l'acide sulfurique, et forme un sulfocérosate de baryte très-soluble.

Les expériences que nous venons de rapporter nous conduisent tout naturellement à aborder quelques questions physiologiques qui s'y rattachent, et par lesquelles nous terminerons ce Mémoire.

La cire des abeilles constitue-t-elle une véritable sécrétion animale, ou bien est-elle un produit du règle végétal? c'est là une question qui depuis longtemps a été l'objet de recherches nombreuses de la part des physiologistes et des entomologistes les plus célèbres.

Les abeilles recueillent tous les jours leur nourriture sur les plantes, et la grande quantité de cire qu'on rencontre dans le règne végétal a dû conduire les observateurs à penser que la nature n'avait pas confié à ces insectes le soin de créer eux-mêmes la cire dont ils avaient besoin pour la construction de leurs gâteaux, mais qu'elle leur avait appris seulement à recueillir cette substance, déjà toute formée dans les plantes.

Swammerdam, Maraldi et Réaumur ont, en effet, adopté cette dernière opinion.

Huber, au contraire, d'après ses expériences sur la nutrition des abeilles avec du sucre ou du miel, a été amené à conclure que les abeilles ont la faculté de créer la cire.

M. Gundlach, qui dans ces derniers temps a répété les expériences de Huber, est arrivé au même résultat.

Mais ces conclusions de Huber et de M. Gundlach ne sont pas à l'abri des objections; aussi MM. Berzelius, Thenard et d'autres chimistes n'ont-ils consigné qu'avec réserve cette opinion dans leurs ouvrages.

MM. Dumas et Milne Edwards sont revenus sur ce sujet; ils ont répété les expériences de Huber en les complétant, autant que possible, à l'aide de l'analyse chimique dont les premiers observateurs avaient négligé le secours.

MM. Dumas et Milne Edwards ont opéré sur cinq essaims différents; leur première expérience a consisté à nourrir les abeilles avec du sucre, et elle a été complétement défavorable à l'opinion de Huber; l'essaim tout entier est mort sans avoir produit de cire.

Dans quatre autres expériences identiques entre elles, les abeilles ont été nourries avec du miel.

De ces quatre essaims, trois sont morts sans avoir produit aucune parcelle de cire; le quatrième, au contraire, en a fourni une certaine quantité, ce qui ne pouvait s'expliquer qu'en admettant une véritable sécrétion animale; aussi MM. Dumas et Milne Edwards se sont-ils empressés

de publier leurs expériences, afin de dissiper les doutes qui jusqu'alors avaient empêché d'adopter les conclusions que Huber avait tirées de ses observations. Cependant MM. Dumas et Milne Edwards ont pensé qu'une seule expérience n'était pas suffisante pour décider la question d'une manière absolue ; ils terminent en effet leur publication en disant : « Lorsque la saison nous le permettra, nous nous proposons de répéter cette expérience sur une plus grande » échelle ; etc. » Et l'expérience devait être reprise cette année ; mais M. Milne Edwards ayant entrepris dès le commencement de l'été un voyage scientifique de plusieurs mois, les expériences ont été remises à une autre époque.

Quoi qu'il en soit, ce sont là des expériences extrêmement délicates et qui laissent toujours quelque chose à désirer.

Il résulte des faits consignés dans ce Mémoire :

1°. Qu'il existe un grand nombre de cires végétales, qui par leurs caractères extérieurs et leur composition, ressemblent plus ou moins à la cire des abeilles ;

2°. Que la cire des Andaquies est un mélange de deux cires végétales : la cire de palmier et la cérosie.

Faut-il conclure de ces faits, que la cire est une véritable sécrétion animale ? je ne le pense pas, et M. Dumas disait lui-même cette année à son cours de l'École de Médecine, que l'examen de la cire des Andaquies soulevait quelques doutes dans son esprit relativement aux conclusions à tirer de ses expériences sur les abeilles.

Je pense qu'on peut dire dans tous les cas que les abeilles des Andaquies ne possèdent pas la faculté de créer elles-mêmes la cire dont elles ont besoin pour la construction de leurs gâteaux ; car il me paraît difficile de pouvoir admettre que ces insectes forment exactement un mélange de cire de palmier et de cire de la canne à sucre ; tandis que tout porte à croire, et cette opinion est la plus naturelle, que ces in-

sectes vont simplement recueillir la cire dont ils ont besoin sur le palmier et sur la canne à sucre.

Reste à savoir si nous ne trouverons pas dans notre climat des cires végétales ayant la même composition et le même point de fusion que la cérine et la myricine; c'est là un sujet de recherches bien digne d'intérêt et que je me propose d'entreprendre à mon retour à Paris.

J'ajouterai, en terminant, que ce travail a été exécuté dans le laboratoire de M. Dumas; je saisis avec bonheur l'occasion de lui offrir, dans un cercle de savants du Nord, l'hommage de ma vive reconnaissance pour l'intérêt tout particulier que cet illustre chimiste m'a témoigné depuis mon arrivée à Paris et pour l'appui bienveillant qu'il n'a cessé de me prêter.

MÉMOIRE SUR LES COURANTS DE LA MÉDITERRANÉE;

PAR M. AIMÉ.

Dans les instructions rédigées par l'Académie des Sciences pour servir aux travaux de la Commission scientifique envoyée en Algérie par le ministère de la Guerre, il avait été recommandé d'entreprendre quelques recherches sur le courant de Gibraltar. M. le capitaine Bérard, après avoir terminé la reconnaissance des côtes de l'Algérie, devait être envoyé sur celles du Maroc pour continuer de semblables travaux hydrographiques. Ce fut à lui que l'Académie s'adressa spécialement. Malheureusement M. Bérard fut chargé d'une mission différente de celle qui avait été projetée, et il dut, en conséquence, laisser à d'autres personnes le soin de traiter la question posée par l'Académie. C'est alors que je crus devoir offrir mes services, et, en conséquence, j'entrepris un voyage à Gibraltar. Mais j'eus à lutter contre plusieurs difficultés de diverse nature,

et je fus forcé, après des tentatives inutiles, de revenir à Alger sans avoir rien pu décider. Cependant tous mes efforts n'ont pas été infructueux, car ils m'ont conduit à quelques résultats qui m'ont paru assez importants pour être consignés dans un travail spécial.

L'Académie ayant demandé de rechercher s'il n'existe pas un courant sous-marin qui reporte dans l'Océan les eaux de la Méditerranée, j'ai dû chercher un moyen par lequel on pût établir ou détruire cette hypothèse qui est, du reste, fondée sur divers événements de mer; et je crois être arrivé à une méthode qui permet de déterminer approximativement la vitesse et la direction des courants sous-marins quand on peut conserver une position fixe à la surface de la mer, ou, dans le cas contraire, quand on connaît exactement la vitesse et la direction des courants de la surface.

Instrument propre à mesurer la direction des courants sous-marins.

Nous venons de dire que pour estimer les courants sous-marins, nous avions besoin de nous placer dans une position fixe à la surface de la mer. Il est facile d'arriver à ce résultat, soit au moyen d'une bouée, quand la mer est peu profonde, soit avec le sommet d'un angle dont les côtés sont bien déterminés par des signaux placés sur le rivage.

Un canot est amené dans la position connue par l'une ou l'autre de ces méthodes, et on laisse descendre à la mer, fixé à l'extrémité d'une corde en soie tressée, un appareil composé d'une girouette et d'une boussole. Quand il est arrivé à la profondeur voulue, on attend que la corde et l'appareil aient pris leur position d'équilibre avec le courant. Ensuite, au moyen d'un anneau de plomb dans lequel passe la corde, on arrête l'aiguille de la boussole. Après avoir retiré l'instrument, on mesure l'angle que fait

l'aiguille avec la girouette, et cet angle fait connaître la direction du courant sous-marin.

Pour mieux faire comprendre le mécanisme de cette machine, nous allons en donner la description détaillée.

Elle se compose, *fig.* 1, *Pl. III,* d'une boîte cylindrique B en cuivre, sur la base supérieure de laquelle se trouve un tuyau F, dans lequel glisse une tige terminée d'un côté par un disque T, et de l'autre par un anneau D armé de 32 dents. Au fond de la boîte B il y a une pointe destinée à supporter la chappe d'une aiguille aimantée A.

Quand la tige T est abaissée, *fig.* 2, l'aiguille est retenue entre les dents de l'anneau D; elle est, au contraire, libre dans ses mouvements si la tige est relevée.

Au-dessous de la boîte B se trouvent un poids P′ et une girouette G. Enfin le disque T est percé d'un trou par lequel passe une corde fixée au tube F.

Pour employer cet instrument, on remplit d'eau la boîte B, puis on élève l'anneau denté D, en tirant le disque T qui le retient par une baguette qui se meut à frottement assez dur pour qu'elle ne puisse tomber qu'au moyen d'un choc.

On descend ensuite l'appareil à la mer; puis, quand on juge que l'orientation de la girouette est effectuée, on laisse tomber un anneau de plomb P dans lequel passe la corde. Celui-ci va frapper sur le disque T qu'il abaisse. L'aiguille de la boussole est alors emprisonnée entre les dents de l'anneau D, et l'angle qu'elle fait avec la girouette G se trouve fixé. C'est lui qui fait connaître la direction du courant sous-marin.

L'anneau D étant armé de 32 dents, l'intervalle angulaire de l'une à l'autre est de 11° 15′. L'erreur que l'on commet en prenant pour direction de l'aiguille le milieu de l'intervalle dans lequel elle est emprisonnée, est de 6 degrés au maximum.

En augmentant le nombre des dents de l'anneau, on

pourrait estimer la direction du courant avec une plus grande exactitude, car l'aiguille est placée dans une boîte pleine d'eau, bien fermée pour empêcher le courant extérieur de mettre en mouvement les molécules d'eau intérieures contenues dans la boîte. Dans cette position de l'aiguille, un léger choc communiqué à l'appareil, un mouvement de rotation assez rapide, mais cependant peu prolongé autour de son axe vertical, ne dérangent pas d'une manière appréciable l'aiguille du plan du méridien magnétique. Ce fait s'explique par l'extrême fluidité des molécules d'eau, et la faculté dont elles jouissent de pouvoir glisser les unes sur les autres. On sait, en effet, que quand dans un ballon plein d'eau en repos se trouvent quelques petits corps tenus en suspension, si l'on tourne plusieurs fois de suite le ballon dans un sens ou dans l'autre, ces corps légers conservent pendant le mouvement du ballon l'orientation qu'ils avaient auparavant avec les objets voisins en repos.

Pour empêcher l'oxydation rapide de l'aiguille, on peut la recouvrir d'or ou d'argent par les procédés galvaniques connus; la chappe doit être profonde de 3 à 4 millimètres pour que, lorsqu'il survient un choc à l'appareil, l'aiguille ne puisse se détacher du pivot. Enfin, comme il est important que l'anneau denté ne puisse pas avoir de mouvement autour de son axe, on a adapté au disque T une petite tige *t* qui glisse constamment dans un anneau *a* et empêche la rotation d'avoir lieu.

Quand on se sert de cette boussole, il faut faire deux ou trois opérations successivement, et si les indications angulaires sont les mêmes, on peut s'en servir; quand, au contraire, elles sont différentes, il faut les rejeter. Dans ce dernier cas, il arrive ou que l'appareil est dérangé ou qu'il n'existe pas, à la profondeur où l'on opère, de courant assez fort pour diriger la girouette. On peut alors, si l'on veut, la remplacer par une autre d'une plus grande surface.

Instrument pour mesurer la vitesse des courants sous-marins.

On emploie quelquefois, en hydrographie, pour déterminer la vitesse d'un courant à la surface de la mer, un moulinet monté sur un écrou qui se meut sur une vis. Le nombre de tours effectué dans un temps connu est mesuré par celui des pas parcourus et fait connaître, au moyen d'une formule empirique, la vitesse du courant avec une assez grande approximation. C'est cet instrument que j'ai adopté pour mesurer les courants sous-marins. On conçoit quelles sont les modifications que j'ai dû lui apporter, quand on pense qu'en descendant le moulinet à la mer, il doit tourner à cause de la résistance qu'il éprouve, et que le même effet a lieu quaud on le retire. Il fallait imaginer un mécanisme qui permît d'arrêter la rotation pendant le trajet de l'instrument, et qui laissât le mouvement libre à une profondeur déterminée et pendant un temps connu. C'est avec deux anneaux de plomb que je suis arrivé à ce résultat.

L'appareil se compose d'un moulinet M placé sur une vis V qui se termine par une girouette G, et d'un cylindre creux A'B, dans lequel glisse à frottement une baguette AT, recourbée en crochet près d'une petite ouverture T pratiquée dans le tube. A l'autre extrémité de cette baguette se trouve un petit disque A, percé d'un trou dans lequel passe la corde qui retient l'appareil.

A l'extrémité de la vis et un peu derrière la girouette, il y a une tige mm' perpendiculaire à la vis, qui soutient une baguette mT qui s'accroche en T dans la partie recourbée de la seconde baguette AT. En élevant ou abaissant cette baguette AT, on peut retenir ou laisser échapper la tige mT, et, par suite, empêcher ou permettre la rotation du moulinet M.

A l'autre extrémité m', il y a un fil métallique cc' ter-

miné par un contre-poids *c'*, et qui a un mouvement de rotation autour de *mm'*. La ligne *co* représente une corde fixée en *o*.

D'après la disposition de la *fig.* 3, on voit que la rotation du moulinet n'est pas possible, car la baguette *m*T passe entre deux ailes. C'est dans cet état que l'instrument est descendu à la mer.

Quand il est arrivé à la profondeur convenue pour l'expérience, on laisse la corde prendre sa position d'équilibre avec le courant, puis on abandonne un anneau de plomb dans lequel passe la corde. Il va frapper sur le petit disque A, enfonce la baguette AT, et décroche ainsi la seconde baguette *m*T, laquelle n'étant plus placée entre les ailes du moulinet, ne gêne en aucune façon son mouvement. La *fig.* 4 présente l'appareil à cette seconde partie de l'expérience.

Au moment où l'on abandonne l'anneau de plomb, on note exactement l'heure ; puis après un temps déterminé, on en laisse partir un autre d'un diamètre intérieur plus considérable que le premier et assez grand pour que le tube AB ne l'arrête pas dans sa course. Il vient donc rencontrer la corde *oc* sur laquelle il s'appuie, et la baguette *cc'* tourne sur son axe *m'* et vient prendre la position horizontale représentée dans la *fig.* 5 ; puis le moulinet est de nouveau arrêté. On retire l'appareil et on mesure le nombre de pas de vis que l'écrou a parcourus dans le temps qui s'est écoulé entre la chute des deux anneaux.

Au moyen d'une formule empirique déduite d'expériences faites dans des courants de surface dont la vitesse est parfaitement connue, on en conclut celle du courant sous-marin.

Il est important d'employer, pour cet appareil comme pour le précédent, une corde tressée et non une corde tordue, afin d'être certain que la girouette a été orientée par la force seule du courant.

Quand l'extrémité de la corde qui retient l'appareil aboutit à une position bien fixe et invariable, la rotation obtenue mesure la vitesse absolue du courant sous-marin.

Il est encore possible d'arriver à ce résultat quand l'extrémité supérieure de la corde est assujettie à un mouvement connu, c'est-à-dire quand l'embarcation est entraînée par un courant ayant une direction et une vitesse déterminées.

Voici la règle qu'il faut suivre dans ce cas, *fig.* 6.

Soient *ab* la direction et la grandeur de la vitesse du courant de surface ou de l'embarcation, *ad* celles du courant du fond.

La boussole sous-marine nous fera connaître la direction de la ligne *a*R, et le second appareil la grandeur de *a*R. L'angle C*a*R étant déterminé, nous pourrons construire le triangle C*a*R, dans lequel le côté *c*R, égal et parallèle à *ad*, représente la grandeur et la direction du courant sous-marin.

D'après la description que nous venons de donner de nos deux instruments, il est facile de voir comment il faudra les employer pour constater et mesurer le courant inférieur du détroit de Gibraltar, s'il existe.

L'Académie des Sciences ayant fait connaître les motifs qui la portent à croire à l'existence d'un mouvement rétrograde des eaux inférieures du détroit, je vais seulement présenter les raisons qui me la font regarder comme probable. Il y a, comme on sait, trois courants à la surface du détroit: un qui est central et va de l'ouest à l'est constamment, et deux autres près des côtes, qui, tantôt vont tous deux à l'est, tantôt à l'ouest, suivant que la marée est basse ou qu'elle est haute.

Ces courants du littoral peuvent être considérés comme un exemple des remous produits par l'écoulement d'un liquide qui va d'un réservoir dans un autre en passant par un orifice étroit. Or, les remous qui se forment générale-

ment, entourent le courant central complétement, et constituent ainsi une sorte de canal dans lequel il se meut. Il est donc probable que si la profondeur du détroit n'est pas partout la même, si elle est moindre dans l'endroit où la largeur est la plus petite, il existe un contre-courant inférieur dans la portion la plus voisine de la Méditerranée. Ces considérations, comme on voit, tendent à prouver qu'il peut y avoir des courants contraires, mais ne démontrent pas que les eaux inférieures de la Méditerranée se déversent dans l'Océan. Je les ai présentées pour faire remarquer que, dans le cas où l'expérience directe indiquerait un courant contraire dans une partie du détroit, il pourrait arriver qu'il n'en fût pas ainsi dans une autre.

De même qu'il existe généralement dans les rades ou les golfes, des remous produits par les courants qui ont lieu en avant de ces enfoncements, de même aussi je crois qu'au fond de la mer il y a des contre-courants formés par les montagnes et les vallées. Si ma manière de voir était exacte, la détermination du mouvement des molécules d'eau à de grandes profondeurs pourrait servir à donner quelques indications sur la géographie sous-marine.

Je pense également qu'en étudiant la disposition des courants à différentes profondeurs aux embouchures des rivières, on reconnaîtra la cause des barrages et des atterrissements, et peut-être verra-t-on que les courants sous-marins, contraires en direction à ceux de la surface, ont un grand rôle dans ces phénomènes.

Pour terminer ce que j'ai à dire sur l'emploi de mes instruments, j'ajouterai qu'ils pourront, après un coup de vent, servir à déterminer l'épaisseur et la vitesse de la couche d'eau supérieure mise en mouvement. J'ai eu occasion de remarquer, et plusieurs autres personnes avant moi, que l'épaisseur de cette couche superficielle pouvait varier de dix à quatre-vingts brasses. Une fois que l'effet d'un coup de vent sera apprécié, on saura à quelle profondeur il faudra des-

cendre les instruments, pour rencontrer la couche qui n'a pas été mise en mouvement par l'agitation de l'air, et c'est seulement dans cette couche qu'il faudra rechercher les mouvements de masse de la mer.

Des circonstances imprévues m'ayant empêché de me procurer les instruments dont je viens de parler, quand j'ai commencé à m'occuper de mon travail sur les courants, nous n'aurons plus, dans la suite, occasion d'en reparler.

Généralités connues sur la vitesse et la direction du grand courant de la Méditerranée.

Avant d'indiquer les observations qui me sont particulières sur les courants de la Méditerranée, j'ai cru devoir présenter les principales généralités connues par les marins sur cette question, et c'est dans l'ouvrage de M. Bérard, sur la reconnaissance des côtes de l'Algéric, que j'ai été les rechercher.

On admet généralement que le courant qui entre par le détroit de Gibraltar se dirige alors le long des côtes de Barbarie et se fait sentir jusque auprès de l'île de la Galite; tandis que sur les côtes de Provence on éprouve un courant qui va à l'ouest, contourne tout le golfe du Lion et se rend au détroit en suivant les sinuosités de la côte d'Espagne.

On sait très-peu de chose sur la vitesse de ce courant, les indications fournies sont vagues et incertaines. Les pilotes provençaux pensent que la vitèsse moyenne du courant qui existe entre la France et les Baléares et qui porte au sud-ouest, est ordinairement de 1 mille à l'heure.

Entre les Baléares et les côtes d'Afrique le courant porte d'abord au sud, puis se contourne peu à peu pour aller à l'est.

Tels sont les principaux documents qui ont été publiés sur les courants qui existent dans le bassin compris entre les côtes de France et celles d'Afrique. Je vais maintenant

passer en revue les diverses observations que j'ai eu occasion de faire moi-même sur ce sujet.

N'ayant pas de bâtiment à ma disposition et ne pouvant trouver dans les registres de bord des bateaux à vapeur les renseignements que je désirais avoir sur la direction et la grandeur des courants, j'ai employé, pour les déterminer, une méthode suivie fréquemment par les marins anglais dans leurs explorations scientifiques. J'ai jeté à la mer des bouteilles cachetées renfermant sur une feuille de parchemin, la longitude et la latitude du lieu et la date précise de l'observation.

Plusieurs d'entre elles ont été retrouvées, et les parchemins qu'elles contenaient furent renvoyés à Alger à l'amirauté. Je vais indiquer les routes qu'elles ont parcourues.

1°. Bouteille lancée à la mer le 14 août 1840 devant Cherchell, à dix heures du soir, et retrouvée par des pêcheurs le 10 novembre 1840 devant Cintadella (île Minorque).

Le chemin parcouru a été au moins de 90 lieues en quatre-vingt-huit jours. La vitesse moyenne a été de 1 lieue par jour vers le nord-nord-est.

Le déplacement d'ouest à est a été de 30 lieues. Ce qui donne pour vitesse vers l'est 1 mille par jour.

Ce fait est remarquable, car il prouve qu'il existe des courants qui quelquefois portent au nord en été, c'est-à-dire pendant le règne des vents d'est sur la côte d'Afrique.

2°. Bouteille jetée à la mer devant le cap Tenez, le 15 août 1840, à sept heures du matin, à 5 ou 6 milles au nord, et retrouvée à 4 milles devant le cap Digallo, près de Palerme (Sicile), par des pêcheurs, le 5 avril 1841.

Le trajet de 260 lieues a été parcouru en deux cent trente-trois jours. La vitesse moyenne a été au moins de 1 lieue et un dixième par jour.

Cette bouteille ayant été jetée à la mer à la même époque

que la première a probablement suivi la même route pendant les mois de septembre et octobre ; puis en novembre, décembre, janvier, février, mars, les courants produits par les vents de nord-ouest et ouest l'auront ramenée vers les côtes d'Afrique.

3°. Bouteille jetée le 17 février 1842, au cap Bougaroni, près de Bone, et retrouvée devant la plage de Soliman, près de Tunis, le 21 mars 1842. Le trajet de 83 lieues environ a été parcouru en trente-deux jours; la vitesse moyenne par jour a été de 2 lieues et 6 dixièmes. C'est en février et mars que les vents d'ouest sont les plus fréquents et les plus forts sur les côtes d'Afrique ; comme on le voit aussi, le courant porte à l'est avec une assez grande vitesse.

Voilà les résultats auxquels j'ai été conduit après avoir entrepris une cinquantaine d'expériences à diverses époques de l'année. Comme ils ne m'ont pas paru assez concluants pour conduire à quelque règle certaine, j'ai fait des recherches dans l'espoir de rencontrer des faits analogues aux précédentes, et j'ai été assez heureux pour en rencontrer deux que je vais faire connaître.

Le 12 du mois de janvier 1842, on a recueilli près de Bone, entre la rivière Mafrag et le cap Rose, des débris de bois que l'on a cru reconnaître pour avoir appartenu au bâtiment à vapeur *le Brandon*, qui a péri dans une tempête près de Mahon le 28 décembre 1841. Le trajet de 100 lieues a été parcouru en quinze jours, la vitesse moyenne a été de 6 lieues et 6 dixièmes par jour, et la vitesse d'ouest à est a été de 4 lieues par jour.

Ce bâtiment a péri par un coup de vent de nord nord-ouest, qui a duré plusieurs jours ; il a commencé à souffler sur les côtes d'Afrique le 24 et le 25 décembre, puis il s'est fait sentir à Mahon les 26, 27 et 28, en cessant d'agir sur les côtes d'Afrique, et il a ensuite reparu devant Alger dans la nuit du 30 au 31 décembre, où il a occasionné plusieurs sinistres.

Le 21 mars 1840 au soir, le brick du commerce, *le Trois-Monts Rouges,* a été abandonné par son équipage devant Mahon; le lendemain matin le bâtiment avait disparu, après avoir perdu son gouvernail et brisé sa chaîne; il avait été emporté au large par le vent et les courants et conduit vers les côtes d'Afrique. Il fut retrouvé le 7 avril 1840 à quelques milles de Bone; la traversée a été faite en dix-huit jours. La vitesse moyenne du bâtiment a été de 5 lieues 5 dixièmes par jour.

Le vent nord-nord-ouest a soufflé avec violence à Alger, dans la nuit du 19 au 20 mars; le 21 au soir, il était complétement tombé, et c'est précisément à cette époque qu'il était dans toute sa force devant Mahon.

Les capitaines des bateaux à vapeur qui font le service de la correspondance de Toulon à Alger, ont l'habitude, en arrivant devant Mahon, de pointer sur Sidi-Ferruch pour gagner Alger. Le courant qui porte à l'est les fait dériver de 3 lieues 5 dixièmes environ pendant le temps de la traversée de Mahon à la côte d'Afrique. Cette traversée étant moyennement de trente-quatre heures, la vitesse du courant d'ouest à est, est par jour, de 2 lieues 4 dixièmes environ, ou de 0,3 mille à l'heure.

Si nous groupons les résultats précédents, sous forme de tableau, nous pourrons en conclure la vitesse moyenne d'ouest à est :

1°.	0,3 de lieue par jour, ou	0,05 de mille à l'heure.
2°.	1,1	0,1
3°.	2,6	0,3
4°.	4,1	0,5
5°.	3,7	0,4
6°.	2,4	0,3
Moyennes..	2,4	0,27

Il est assez remarquable que cette vitesse moyenne soit à peu près égale à celle que l'on déduit de la dérive moyenne qu'éprouvent les bateaux à vapeur qui vont de Mahon à Alger.

Dans sa description nautique des côtes de l'Algérie, M. Bérard estime que la vitesse moyenne des courants de la Méditerranée est d'un demi-mille à l'heure. Cette valeur est, comme on voit, à peu près double de celle que j'ai trouvée.

La vitesse du grand courant est beaucoup plus considérable dans la partie de la Méditerranée située entre le cap Palos, Oran et Gibraltar. Près de l'île d'Alboran, placée au milieu du canal, à égale distance des côtes d'Afrique et d'Espagne, sa vitesse est de 1 mille à l'heure par les vents d'ouest. Entre Alboran et le détroit, elle augmente un peu, et enfin, dans la partie la plus resserrée du détroit, elle est de 1,5 de mille à l'heure.

Courants près des côtes d'Afrique.

Nous avons dit que dans le détroit de Gibraltar il existe trois courants à peu près parallèles : le courant central, qui va constamment d'ouest à est, a pour vitesse, d'après les observations de M. le capitaine Duperrey, 0,56 mille à l'heure entre Tarifa et Trafalgar, et entre Tarifa et Gibraltar, 1,5. Sa largeur entre Tarifa et Ceuta est de 7 milles. Au sud de Tarifa, elle est de 2 milles, et entre Trafalgar et le cap Spartel, de 7 milles.

La largeur du détroit à l'endroit où il est le plus resserré est de 12 milles ; entre Trafalgar et le cap Spartel, elle est de 27 milles ; enfin, entre la pointe d'Europe et Ceuta, elle est de 15 milles.

Le courant central, en entrant dans la Méditerranée, se tient dans le milieu du bassin à peu près à égale distance des côtes d'Afrique et d'Espagne jusqu'à la hauteur des îles Habibas et du cap de Gate.

Près des deux côtes la direction des eaux est inverse de celle du courant central ; elle est de l'est à l'ouest.

A partir des îles Habibas, le courant paraît se rapprocher des côtes d'Afrique ; car on trouve que devant tous

les caps, les courants partiels portent à l'est avec une force assez considérable. Ainsi, près des Habibas, la vitesse est de 1 mille à l'heure, et par conséquent aussi grande que près de l'île d'Alboran.

Devant le cap Ivi, d'après les renseignements donnés par M. le capitaine Bérard, la vitesse est de 0,8 de mille à l'heure. A partir de là jusqu'à Alger, on retrouve à peu près la même vitesse devant les autres caps.

En allant plus à l'est encore, on rencontre successivement, au cap Matifon, une vitesse de 2 milles à l'heure, au cap Bengut, de 2 milles, au cap Sigli, de 1 mille, au cap Bougaroni, près de Philippeville, de 2 milles.

Ainsi nous voyons que les plus grandes vitesses ont lieu entre Alger et Bone, et non pas, comme on aurait pu le croire, entre Alger et Gibraltar. Près d'Alger, elles sont plus considérables que dans le détroit de Gibraltar. Je pense que l'on peut expliquer cette anomalie en disant que sur les côtes d'Espagne, il y a un courant assez fort qui porte au sud, s'infléchit peu à peu vers l'est en se rapprochant d'Alger, et vient ajouter son action à celle du courant de Gibraltar devant les côtes situées entre Alger et le cap Bougaroni. Plus loin, à l'est, le mouvement de la masse des eaux cesse d'être parallèle aux côtes et paraît avoir lieu un peu vers le nord, en partie vers la Sardaigne, en partie vers la Sicile. Aussi, quand on détermine la marche des courants près des caps qui sont à l'est de celui de Bougaroni, on trouve qu'ils n'ont plus de directions régulières et qu'ils vont les uns au nord, les autres au sud, à l'est ou à l'ouest.

Cette inflexion des eaux vers le nord s'explique par la configuration des côtes. Le cap Bougaroni est un des plus avancés vers le nord, et la côte court de l'ouest-sud-ouest à l'est-nord-est, dans une étendue de 12 myriamètres depuis Bougie jusqu'au cap, puis au delà elle revient à l'est.

Nous venons de dire que devant presque tous les caps de l'Algérie, les eaux vont de l'est à l'ouest. Il n'en est pas de

même dans les golfes et les rades où le mouvement, précisément inverse, est produit par des remous du grand courant; leur vitesse est, en général, peu considérable et quelquefois sensiblement nulle.

Les portions des côtes les mieux abritées contre le courant général sont donc celles qui regardent l'est, car elles ne sont exposées qu'aux courants secondaires ou aux remous bien moins rapides que le premier. C'est pour cette raison que sur dix ports que possède l'Algérie, il y en a huit qui sont ouverts à l'est.

Courants le long des côtes d'Italie, de France et d'Espagne.

Nous venons de faire remarquer que le grand courant quitte la côte d'Afrique au delà du cap Bougaroni; il se divise alors en trois branches : l'une, qui se dirige vers les Syrtes; la seconde, qui entre dans l'immense bassin formé par l'Italie, la Corse, la Sardaigne et la Sicile; et la troisième, qui remonte vers le nord en suivant les côtes occidentales de la Sardaigne et de la Corse. Les bouteilles que nous avons retrouvées avaient voyagé dans ces trois directions.

Le courant qui se dirige entre la Sardaigne et la Sicile perd presque toute sa vitesse dès qu'il arrive près des côtes d'Italie. Nous avons constaté ce résultat au moyen des journaux de bord des bateaux à vapeur qui font le service de la correspondance entre l'Italie et la France.

Plusieurs capitaines nous ont assuré que l'aller et le retour étaient absolument les mêmes de Gênes à Livourne, de Livourne à Civita-Vecchia, de Civita-Vecchia à Naples.

Dans le canal de Saint-Boniface, qui sépare la Corse de la Sardaigne, les courants sont irréguliers et ont ordinairement la direction des vents qui soufflent dans ces parages. Dans le détroit de Messine, le courant central est déterminé par la marée lunisolaire. Le jour des syzygies, le flot ou courant qui porte au nord finit à neuf heures. Il y a ensuite

une heure de mer étale; après quoi, le courant qui porte au sud se fait sentir jusqu'à quatre heures. A cinq heures, le flot recommence, et ainsi de suite, en retardant chaque jour d'à peu près trois quarts d'heure.

Le courant général qui semble avoir disparu vers les côtes du nord de l'Italie reparaît sur les côtes de France, particulièrement près des îles d'Hyères; il se dirige alors vers le sud-ouest avec une vitesse que les pilotes provençaux estiment à 1 mille à l'heure. M. Bérard, qui a eu dans ses nombreuses traversées occasion de le remarquer, trouve que ce nombre est un peu trop fort. Dans l'intérieur du golfe du Lion, la masse des eaux de la surface a un mouvement contraire; elle se dirige vers le sud-nord-est. C'est une sorte de remous qui produit cet effet. A partir du cap Saint-Sébastien, le mouvement des eaux a lieu parallèlement aux côtes d'Espagne et se dirige vers le détroit formé par les Baléares et le cap Saint-Martin. Les eaux changent alors de route; elles vont vers le sud, puis le sud-est, et vont ensuite prendre la direction de celles qui sont amenées par le courant de Gibraltar.

Vents régnants sur la Méditerranée.

Pour reconnaître l'influence que peuvent avoir les vents sur les courants de la Méditerranée, nous avons cru devoir présenter le tableau de ces vents pendant les différents mois de l'année sur les côtes de la Méditerranée.

	COTES			
	de France.	d'Italie.	d'Algérie.	d'Espagne.
Janvier......	E. très-fort.	S. E.	O.	N. O. et N.
Février......	E.	"	O. gr. frais.	N. O.
Mars.........	O.	"	O. grains.	"
Avril	O. et E.	N. O.	O. et E.	"
Mai..........	O. et E.	N. O.	E. frais.	"
Juin.	O.	N. O.	E. domin.	"
Juillet.......	O. fort.	N. O.	E. bon frais.	"
Août.........	O. fort.	N. O.	E. frais.	"
Septembre...	O. fréquent.	"	E.	N. O.
Octobre.	E. très-frais.	S. E.	E. et O.	N. O.
Novembre...	E. et O.	S. E.	O.	N. O. et N.
Décembre. ..	O. fort.	S. E.	O. et N.	N. O. et N.

Nous voyons que sur les côtes d'Afrique les vents régnants en été sont ceux d'est, tandis que sur celles de France, ce sont ceux d'ouest. Leurs directions sont donc généralement contraires.

En hiver, sur les côtes de France, les vents d'est sont très-communs; sur celles d'Afrique, ce sont ceux d'ouest. Dans ce cas-ci comme dans le précédent, il y a inversion sur les deux côtes.

Il semble que sur la surface de la Méditerranée les vents exécutent un mouvement de rotation en suivant la direction des côtes; ce mouvement est, en hiver, à peu près parallèle à celui du grand courant de Gibraltar, et il tend, par conséquent, à le favoriser. En été, au contraire, la rotation des vents est tout à fait opposée à la direction ordinaire des eaux du grand courant. A cette époque, les eaux, au lieu de suivre la côte d'Afrique, s'infléchissent quelquefois vers le nord. Nous avons reconnu, en effet, que c'est dans les mois d'août et de septembre qu'une bouteille

jetée à la mer devant Cherchell a été emportée à 90 lieues vers le nord et a été retrouvée près des Baléares.

Les capitaines des bateaux à vapeur qui font le service de Toulon à Alger ont, depuis longtemps, remarqué que la direction des vents au nord et au sud des Baléares est différente; ils ont, en conséquence, posé la règle suivante : Quand on veut aller de Toulon à Alger en mai, juin, juillet, août et septembre, on doit passer à l'est des Baléares, car à ces époques les vents dominants au nord de ces îles sont ceux de la partie ouest, tandis qu'au sud ce sont les vents de la partie est qui soufflent.

Ils ont observé également que, quand on quitte l'Afrique avec les vents de sud-ouest et qu'on se rapproche des Baléares, on trouve les vents à l'ouest, et au delà les vents au nord-ouest, puis au nord.

Le premier cas se rapporte à la rotation des vents que nous avons signalés pour l'été, et le second à la rotation inverse, celle qui a lieu en hiver.

Tout ce que nous venons de dire ne doit pas être considéré comme une règle sans exception; car, à l'époque des grands coups de vent, aux équinoxes, la direction du vent est quelquefois différente de celles que nous avons indiquées. Il peut arriver qu'un coup de vent de nord-ouest, sorti du golfe du Lion, arrive aux Baléares en tournant au nord, puis, en approchant des côtes d'Afrique, reprenne la direction du nord-ouest et même celle de l'ouest.

INFLUENCE DES TEMPÉRATURES EXTRÊMES DE L'ATMOSPHÈRE SUR LA PRODUCTION DE L'ACIDE CARBONIQUE DANS LA RESPIRATION DES ANIMAUX A SANG CHAUD;

PAR M. FÉLIX LETELLIER, D.-M.

Les phénomènes chimiques de la respiration ont été, depuis les grands travaux de Lavoisier et de Séguin, l'objet des investigations d'un grand nombre de savants. Prout, il y a déjà quelques années, établissait que la production de l'acide carbonique dans l'espèce humaine varie notablement aux diverses époques de la journée, et fixait les limites de ces variations. Ces résultats ont été tout récemment encore confirmés par M. Scharling. Ce dernier observateur en Danemark, MM. Andral et Gavarret en France, ont signalé des faits d'un haut intérêt en étudiant chez l'homme les modifications que font éprouver dans la quantité du carbone brûlé, pendant l'acte respiratoire, les principales conditions physiologiques, telles que l'âge, le sexe, les constitutions, les diverses époques de la digestion, etc.

Dans un travail entrepris dans le but spécial de démontrer l'exhalation de l'azote et d'en déterminer la proportion, M. Boussingault, de son côté. a mis aussi en évidence l'influence du jour et de la nuit sur la production de l'acide carbonique chez les oiseaux granivores. Il a fait voir également à quelles faibles proportions l'état d'inanition réduisait l'émission de ce gaz chez ces animaux dans cette double circonstance. Il résulte de ces importants travaux que la fonction respiratoire présente des modifications nombreuses sous des influences très-différentes. On se trouvait donc naturellement conduit à penser, en réfléchissant à ces phénomènes, qu'en poursuivant leur étude dans des conditions nouvelles on pourrait rencontrer encore des

faits de quelque intérêt. J'étais disposé surtout à admettre que cette conjecture se réaliserait si on modifiait dans son élément même cette fonction qui a pour résultat final une production considérable de chaleur. En effet, ne semble-t-il pas, au premier abord, dans la supposition que la génération de la chaleur est le but de la respiration, qu'en maintenant artificiellement un animal au degré de température qui lui est propre, on doive sinon arrêter complétement, tout au moins restreindre considérablement l'exhalation de l'acide carbonique. J'ai donc entrepris, en partant de ce point de vue, quelques expériences sur des oiseaux et sur des mammifères.

Dulong avait commencé des recherches analogues; on trouve à la fin de son beau Mémoire sur la chaleur animale, cette phrase : « Je m'étais proposé de rechercher l'in-
» fluence des températures extrêmes de l'atmosphère et
» des diverses époques de la digestion. Plusieurs accidents
» indépendants des expériences m'ont empêché jusqu'à
» présent d'obtenir un assez grand nombre de résultats
» comparables. »

Ces paroles montrent que Dulong avait jugé le sujet digne de son attention, et tout doit faire regretter qu'il n'ait pas donné suite à ce projet.

Voici les conditions dans lesquelles j'ai observé :

Les températures auxquelles les animaux furent soumis ont, en général, varié dans les degrés inférieurs de — 5 à + 3 degrés, et dans les degrés supérieurs de + 28 à + 43 degrés. On n'a pas dépassé 43 degrés; une mort rapide frappait souvent à cette température, et quelquefois même au-dessous à 40 degrés, les animaux en expérience. D'ailleurs, l'état d'anxiété et d'agitation où ils tombaient, amenait évidemment, dans le jeu de leurs fonctions, une altération profonde. Il semble, au moins pour les animaux sur lesquels j'ai expérimenté, que le point limite de la température élevée soit pour chacun d'eux le degré de chaleur qui lui est

propre dans les conditions normales. Si on l'atteint, le danger est extrême; si on le dépasse, la mort est presque instantanée. Ces résultats causent quelque surprise. Ils sont en contradiction apparente avec les faits observés sur l'homme. Mais si l'on considère, d'une part, la grande susceptibilité de la fonction respiratoire chez les animaux qui ont succombé, et, de l'autre, leur masse très-peu considérable qui a permis à la chaleur de pénétrer pour ainsi dire plus rapidement jusqu'au centre de la vie, on se rendra peut-être compte ainsi de la différence de réaction (1).

A une température plus modérée au contraire, de 28 à 33 degrés par exemple, les animaux ont souvent offert, pendant tout le cours de l'expérience, une respiration parfaitement égale et douce. Les mouvements respiratoires devenaient même insaisissables à la vue; aucun signe n'indiquait le moindre malaise. Ces cas ont été les plus

(1) Dans un Mémoire *sur les degrés de chaleur auxquels les hommes et les animaux sont capables de résister*, inséré dans l'*Histoire de l'Académie royale des Sciences*, année 1764, M. Tillet nous apprend que des filles attachées au service d'un four banal de Larochefoucault supportaient, pendant dix minutes, une température de 112 degrés au moins d'un thermomètre dont le 85e degré marquait le point d'ébullition de l'eau; elles eussent résisté une demi-heure à la température de l'eau bouillante. On trouve aussi dans les *Transactions philosophiques*, année 1775, un Mémoire de Charles Blagden sur le même sujet : Un des expérimentateurs séjourna sept minutes dans une chambre chauffée de 92 à 99 degrés centigrades. Si l'homme peut résister quelque temps à des températures si élevées, il n'en est plus de même pour des animaux offrant une masse peu considérable. Ainsi un bruan, exposé par M. Tillet à une température de 65 degrés de son thermomètre, mourut au bout de quatre minutes, après avoir offert tous les signes d'une respiration anxieuse. Un poulet eût succombé dans le même espace de temps si on ne l'eût soustrait précipitamment au danger. M. Tillet pensa que ces effets rapides et funestes, survenus à une chaleur assez modérée, devaient dépendre de la faible masse de ces animaux. Il eut alors l'idée de les envelopper de linge en forme de maillot, pour s'opposer autant que possible à ce que l'air chaud ne les pénétrât sans obstacle de toutes parts. Cette modification apportée dans l'expérience fit qu'un autre bruan et le même poulet supportèrent sans péril immédiat, pendant huit à dix minutes, une température de 67 degrés. Ces derniers résultats viennent en confirmation des faits qui se sont présentés à mon observation.

favorables. Parmi ceux qui se sont le plus écartés du sens général des expériences, presque toujours une grande agitation et souvent la mort étaient intervenues.

L'appareil que j'ai employé consistait en un vase de verre assez grand pour que les animaux n'y éprouvassent point de gêne. Il avait la forme d'une cloche renversée, évasée par le bas, se rétrécissant ensuite graduellement, jusqu'à l'ouverture placée à la partie supérieure et qui était assez grande pour permettre l'introduction facile de l'animal.

Ce vase était fixé dans un seau de zinc que l'on emplissait d'eau à une température convenable pour expérimenter dans les degrés supérieurs, et de glace pilée pour les degrés inférieurs. Dans ce dernier cas, des ouvertures pratiquées au fond du réservoir laissaient un libre écoulement à l'eau provenant de la fusion de la glace. On ajoutait du sel marin quand on le jugeait nécessaire pour abaisser la température. Un long thermomètre passait à travers le bouchon. Son réservoir occupait, autant que possible, le centre de l'enceinte. Le degré se lisait à l'extérieur.

Après l'introduction de l'animal, le vase était fermé au moyen d'un bouchon de liége façonné avec soin et disposé de manière à pouvoir être luté avec promptitude et facilité. Cet appareil communiquait, au moyen de tubes de plomb passant par le bouchon, d'une part avec l'air extérieur, de l'autre avec deux aspirateurs, dont l'un était uni à la série des tubes usités en pareil cas. En un mot, c'était l'appareil employé par M. Boussingault dans ses expériences sur la tourterelle, modifié de manière à pouvoir porter à une température voulue l'enceinte dans laquelle l'animal était placé (1). L'air était renouvelé au moyen de l'aspirateur avec une vitesse de 20 à 40 litres à l'heure suivant les cas.

(1) Voyez pour ces détails, le calcul et les corrections à faire sur l'acide carbonique recueilli, le Mémoire de M. Boussingault (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, année 1844, tome XI, page 433). On a suivi de tous points les procédés indiqués.

La durée des expériences a varié aussi; elle a été quelquefois de trente minutes seulement, quand on portait la température au maximum et que l'on craignait la mort de l'animal. On l'a prolongée une ou plusieurs heures, quand la chaleur était plus modérée, entre 28 et 35 degrés par exemple. Il en a été de même à o degré et au-dessous.

Les animaux sur lesquels j'ai expérimenté étaient généralement en bon état de santé, adultes, et nourris souvent depuis longtemps au même régime. Les tourterelles recevaient du millet, les verdiers du chenevis, la crécerelle du cœur de bœuf, les cochons d'Inde des carottes et du pain, les souris du pain seulement.

La température propre et le poids des animaux étaient pris au commencement et à la fin de chaque expérience. Les excréments rendus dans cet intervalle étaient aussi pesés avec soin. Le gain des tubes, pendant l'expérience, donnait, après les corrections, la quantité d'acide carbonique exhalé, et, par suite, celle du carbone brûlé.

J'ai pu, avec ces éléments, dans un assez grand nombre de cas, calculer avec une approximation suffisante la transpiration pulmonaire et cutanée.

Pour ce calcul, on commençait par défalquer les déjections de l'animal de la perte qu'il avait éprouvée dans son poids. En retranchant ensuite le carbone brûlé pendant l'expérience, l'excès de perte donnait la quantité d'eau de transpiration exhalée par les poumons et par la peau.

Le poids du carbone me paraît représenter, avec une exactitude suffisante, la proportion qu'un animal détruit de sa propre substance par combustion dans l'acte respiratoire. Il résulte, en effet, de deux Mémoires de M. Boussingault (1), que la proportion d'hydrogène qui se trouve brûlée en même temps que le carbone par le concours de

(1) Voyez *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, année 1839, tome LXXI, pages 113 et 128.

l'oxygène, chez une vache et chez un cheval, forme seulement avec l'azote exhalé la cinquantième partie environ du carbone consumé dans le même espace de temps. Ainsi, dans un jour, la vache brûlait 2211 grammes de carbone, $19^{gr},8$ d'hydrogène, et exhalait 27 grammes d'azote; le cheval brûlait 2465 grammes de carbone, 23 grammes d'hydrogène, et exhalait 24 grammes d'azote. Une semblable recherche, entreprise sur une tourterelle, a offert des résultats analogues. (*Voyez* le Mémoire déjà cité.)

Toutefois, je préfère ne pas introduire dans le calcul de la transpiration cette correction insignifiante; il perdrait de sa simplicité sans avantage réel.

La température propre de l'animal se prenait dans le cloaque, et quelquefois sous l'aile chez les oiseaux; dans le rectum, chez les cochons d'Inde. Le réservoir du thermomètre, qui a servi pour toutes ces observations, avait 14 millimètres de longueur sur $2^{mm},6$ de diamètre; chaque degré offrait 3 millimètres de course.

Résultats généraux.

L'influence que les températures extrêmes de l'atmosphère exercent sur la production de l'acide carbonique dans la respiration des animaux à sang chaud, se manifeste avec une notable énergie dans les conditions que j'ai indiquées; il n'est même pas nécessaire de reculer, autant qu'on le pourrait, les limites de ces températures pour obtenir des résultats tranchés. Déjà, entre 0 et 30 degrés, les variations ont une grande étendue, puisque le carbone brûlé dans le premier cas est le double du carbone brûlé dans le second. A la température ordinaire, le phénomène se montre intermédiaire, inclinant tantôt d'un côté, tantôt de l'autre.

Un autre fait qui doit aussi attirer l'attention, c'est la similitude de ces variations chez des animaux d'une organisation aussi différente que ceux sur lesquels on a expéri-

menté ; les animaux de petite espèce ne réagissent pas autrement, quant au rapport mentionné entre les quantités d'acide carbonique, que ceux d'un volume plus considérable, et les oiseaux se comportent comme les mammifères.

Ainsi, en prenant un animal dans chacune de ces catégories, on voit que l'acide carbonique produit dans l'espace d'une heure a été :

	A la température ambiante, 15 à 20 degrés.	De 30 à 40 degrés.	Vers 0 degré.
	gr.	gr.	gr.
Pour un serin...........	0,250	0,129	0,325
Pour une tourterelle.......	0,684	0,366	0,974
Pour deux souris..........	0,498	0,268	0,531
Pour un cochon d'Inde....	2,080	1,453	3,006

C'est-à-dire que l'acide carbonique exhalé à 0 degré a été le double de celui produit à une température élevée pour les deux mammifères, et un peu plus pour les oiseaux.

On trouve aussi, par la comparaison de ces nombres entre eux, que les quantités d'acide carbonique émises par les divers animaux sont indépendantes du rapport indiqué. On sait depuis longtemps que les petits animaux sont des appareils de combustion bien plus actifs que les animaux plus volumineux. On peut remarquer même dans le tableau ci-dessus qu'à 0 degré un serin brûle presque autant de carbone qu'une tourterelle à 30 degrés.

Cette plus grande énergie de réaction chez les petits oiseaux se conserve pour la transpiration. Cette fonction a des liens étroits avec la respiration. Plus un animal à sang chaud, dans les conditions ordinaires, brûle de carbone et d'hydrogène, plus aussi est abondante la transpiration qui s'échappe par la peau et les poumons.

La perte occasionnée par la perspiration insensible est donc bien plus considérable pour un petit oiseau propor-

tionnellement à son poids, que pour une tourterelle, par exemple. Ce phénomène se développe à ce point dans les températures élevées, qu'un verdier exhalera dans une heure, à 40 degrés, près de 1 gramme d'eau de transpiration. C'est à peine si, dans les mêmes circonstances, une tourterelle en émettrait davantage.

J'ai consigné tous les éléments des expériences dans sept tableaux annexés à ce Mémoire. Je présente, toutefois, ici, un tableau général qui met en regard les moyennes des quantités d'acide carbonique exhalé par heure, aux températures extrêmes, par chacun des animaux en expérience, et le rapport simple qui existe entre ces deux quantités. On prendra ainsi, d'un coup d'œil, une idée générale des résultats.

DÉSIGNATION DE L'ANIMAL.	ACIDE carbonique produit à une température élevée.	ACIDE carbonique émis à une basse température.	RAPPORT entre ces deux quantités.	REMARQUES.
	gr.	gr.		
Serin femelle......	0,129	0,325	1 : 2,5	
Verdier mâle nº 1..	0,212	0,436	1 : 2,0	
Verdier nº 4.......	0,216	0,481	1 : 2,2	
Verdier nº 5......	0,212	0,416	1 : 1,94	
Tourterelle nº 1...	0,663	1,119	1 : 1,77	Morte à la suite de l'expérience.
Tourterelle nº 2...	"	1,264	1 : 2 minimum	
Tourterelle nº 4...	0,378	"	1 : 2 minimum	
Tourterelle nº 5...	0,438	"	1 : 2 minimum	
Tourterelle nº 6...	0,336	0,974	1 : 2,9	
Une crécerelle......	0,569	1,610	1 : 2,9	
Tourterelle de petite espèce..........	0,155	0,368	1 : 2,37	
Cochon d'Inde nº 1.	1,453	3,006	1 : 2	
Cochon d'Inde nº 2.	1,534	2,251	1 : 1,5	Il y a eu mort dans ces deux cas, ce qui altère constamment le rapport.
Cochon d'Inde nº 3.	1,655	2,357	1 : 1,4	
Deux souris........	0,268	0,531	1 : 2	

En consultant les quatre premiers tableaux relatifs aux oiseaux de petite espèce, on remarque que le verdier n° 3 a fait exception à la règle, en produisant plus d'acide carbonique à une température élevée qu'à la température ordinaire; mais il a succombé dans l'expérience. Ce résultat est constant.

La transpiration des verdiers à l'état naturel par heure se tient en général entre $0^{gr},150$ et $0^{gr},300$. Deux fois elle a atteint $0^{gr},400$ et $0^{gr},500$.

Dans les hautes températures, elle a été, par heure, de $0^{gr},500$ entre 30 et 35 degrés, et s'est élevée au gramme à 40 degrés.

Je soumets les détails d'une observation de transpiration naturelle continuée pendant six heures sur le verdier n° 1. Elle donnera une idée du décroissement que la perspiration insensible subit d'heure en heure.

L'expérience a eu lieu le 6 septembre. Elle a commencé à $9^h 30^m$ du matin. Le thermomètre a varié de 19 à 21 degrés.

	Eau perdue par les transpirations pulmonaire et cutanée.
	gr.
Première heure......	0,315
Deuxième heure.....	0,218
Troisième heure.....	0,179
Quatrième heure.....	0,115
Cinquième heure....	0,119
Sixième heure.......	0,108

Pendant les trois premières heures il y a eu diminution successive dans la vapeur d'eau exhalée; les trois heures suivantes, la transpiration est devenue à peu près stationnaire.

C'est ici le lieu de faire remarquer avec quelle facilité les oiseaux résistent au froid. Les petits oiseaux dont la faible masse doit permettre si promptement aux températures excessives de les pénétrer, ne paraissent cependant pas, alors même qu'ils sont privés d'aliments, éprouver un grand malaise sous l'influence du froid quand il n'est pas pro-

longé au delà de huit heures à neuf heures. Trois verdiers, les nos 1, 2 et 5, ont été ainsi soumis à un froid de 0 degré pendant plusieurs heures (5 heures, 6^h41^m et 8^h27^m). Les tubes disposés pour recueillir l'acide carbonique étaient changés d'heure en heure et pesés. Les deux premiers oiseaux ont, pendant toute la durée de l'expérience, brûlé une égale quantité de carbone. Le verdier n° 5, pendant la première moitié de l'expérience (4^h15^m), s'est comporté de la même manière; mais pendant la seconde moitié (4^h12^m), la quantité de carbone qu'il a consumée a baissé, elle est devenue celle de l'état normal. Cependant cet oiseau est sorti de l'appareil aussi vif qu'il y était entré. Son corps donnait bien à la main une sensation de froid; mais, dans le cloaque, la température n'avait baissé que de 1 degré.

Les tourterelles (*voir* le tableau n° 5) se comportent à peu près comme les petits oiseaux, quant au rapport indiqué dans les quantités d'acide carbonique aux températures extrêmes. La crécerelle donne de plus fortes différences, et le rapport devient pour elle 1 : 3,4 et 1 : 2,4. Cet oiseau paraît très-sensible à l'action de la chaleur; déjà à 28 degrés il manifeste des signes prononcés de souffrance.

Les deux tourterelles, nos 1 et 3, ont offert quelque divergence. Exposées à une température de 40 à 43 degrés, elles ont donné un chiffre élevé d'acide carbonique; il est par heure de 0,663 pour le n° 1, et de 0,775 pour le n° 3. La mort est survenue dans ces deux cas. Les expériences elles-mêmes ont duré seulement vingt et vingt-cinq minutes. Les nos 4, 5 et 6, au contraire, ont émis à une température plus modérée, de 30 à 36 degrés, une proportion bien moins forte d'acide carbonique qui porterait le rapport à 1 : 2, 5 environ.

Voici deux observations de transpiration naturelle sur deux tourterelles continuées pendant six heures consécutives. Le décroissement paraît plus régulier et se maintient plus longtemps que chez le verdier n° 1.

La première expérience a eu lieu sur la tourterelle n° 2, le 5 septembre, à partir de 9h 56m du matin. La température extérieure a varié entre 20°,6 et 21°,4.

	Perte éprouvée par heure par la transpiration.
	gr.
Première heure......	0,395
Deuxième heure.....	0,371
Troisième heure.....	0,348
Quatrième heure.....	0,266
Cinquième heure....	0,226
Sixième heure.......	0,130

La deuxième expérience a été faite sur une tourterelle du poids de 160 grammes, le 6 septembre, à une température de 20 à 21°,5, à partir de 9h23m du matin.

	Eau perdue par la transpiration par heure.
	gr.
Première heure	0,682
Deuxième heure.....	0,384
Troisième heure. ...	0,342
Quatrième heure.....	0,288
Cinquième heure....	0,200
Sixième heure.......	0,170

La transpiration des tourterelles ne s'est pas beaucoup élevée quand la chaleur a été modérée. Ainsi à 30 degrés, chez le n° 4, elle a été seulement de 0,640 par heure.

De 33 à 36 degrés elle a atteint le gramme. Cette fonction a suivi les mêmes phases dans des proportions moindres chez la tourterelle de petite espèce. Sa perspiration insensible a été par heure 0gr,189 à la température ordinaire, 0gr,210 à 30 degrés et 0gr,307 de 37 à 40 degrés.

La température propre de ces oiseaux s'est abaissée par le froid de 0°,2 et de 0,6 sous l'aile chez une tourterelle robuste; de 2°,2 chez une autre tourterelle en voie de dépérissement. La chaleur n'a eu quelquefois que peu d'influence sur l'élévation de la température animale quand le thermomètre marquait 30 degrés seulement. Dans un cas même il y a eu abaissement de $\frac{1}{3}$ de degré. Cependant, en général, il y a eu augmentation dans la température propre

de ces animaux. Dans trois expériences comprises entre 30 et 33 degrés, il y a eu accroissement de 0°,4, 1°,5 et 1°,8; à 36 degrés, de 1°,4. Un des oiseaux qui ont péri vers 40 degrés avait même gagné 3°,2 sous l'aile.

Il est bon de donner ici les raisons qui m'ont déterminé à classer parmi les oiseaux volumineux la tourterelle de petite espèce, du poids de 66 grammes, et parmi les petits oiseaux, le moineau de montagne du poids de 52 grammes.

Cette tourterelle a constamment brûlé, relativement à son poids, une quantité minime de carbone, et sa transpiration s'est tenue dans les mêmes proportions. J'ai déjà appelé l'attention sur cette relation. Elle avait, d'ailleurs, toutes les allures des tourterelles ordinaires, plus lentes encore, quoiqu'en parfait état de santé. Le moineau, au contraire, qui consumait bien plus de carbone, avait toute la vivacité des petits oiseaux. L'un donnait cours à son activité naturelle par un mouvement continuel; l'autre restait constamment immobile et perché.

Ces différences s'expliquent très-bien avec les nouvelles idées physiologiques sur la chaleur animale.

Les cochons d'Inde (*voir* le tableau n° VI) ont présenté les particularités suivantes :

Le n° 1 a produit par heure d'acide carbonique :

A la température ambiante.	A la température élevée.	A la température basse.
2gr,058	1gr,457	3gr,006

Ces résultats sont nets et réguliers.

Les nos 2 et 3, au contraire, ont exhalé à une température élevée une proportion trop forte d'acide carbonique pour que le rapport se maintînt de 1 à 2; il n'est plus que de 1 à 1,5 à 1,4. Mais si l'on observe que tous les deux sont morts par excès de chaleur pendant l'expérience ou à sa suite; que le malaise avait été considérable; que les mouvements inspiratoires avaient été portés jusqu'au nombre de deux cents par minute, on ne sera plus étonné de ce résultat. D'ailleurs la proportion d'acide carbonique dans cette cir-

constance a dépassé celle qui se produit à la température ordinaire.

Ces deux animaux ont été retirés de l'appareil inondés de sueur; l'un encore vivant et présentant une augmentation de 3 degrés dans sa température primitive; l'autre mort, avec un accroissement de 5°,5.

Les mammifères paraissent résister avec moins de succès aux températures extrêmes que les oiseaux : ainsi, à o degré, le cochon d'Inde n° 1 a abaissé sa chaleur propre de 3°,7, et le n° 2, de 3°,2; à 30 degrés, le n° 1 l'a élevée de 1 degré, et à 32 degrés de 3 degrés.

Le dernier tableau a trait à l'étude des phénomènes mentionnés dans des conditions qui ont déjà pour effet d'influencer fortement la respiration en abaissant considérablement le chiffre du carbone brûlé. Je veux parler de l'état d'inanition.

On trouve, ce qui n'est peut-être pas sans intérêt, que le rapport dans la quantité d'acide carbonique produit aux diverses températures se conserve le même que dans les expériences précédentes; c'est-à-dire que l'acide carbonique émis à o degré est le double de celui émis entre 30 et 40 degrés.

Ainsi, le jour à o degré, il est pour la tourterelle, par heure, de $0^{gr},652$; et de 30 à 40 degrés, de $0^{gr},319$ en moyenne.

Cependant les phénomènes de l'inanition sont changés; car, à la température ordinaire, l'acide carbonique serait par heure, pendant le jour, de $0^{gr},440$ seulement.

La nuit perd aussi son action. Sous son influence, on a recueilli la même dose d'acide carbonique que pendant le jour aux deux températures extrêmes.

Mais ce qui peut-être est le plus digne d'attention, c'est que la chaleur qui a constamment pour résultat, dans les circonstances ordinaires, de diminuer la proportion du carbone brûlé, n'a plus produit cet effet, même la nuit, sur la tourterelle en question.

Cet oiseau qui, à la température ordinaire la nuit eût donné $0^{gr},264$ d'acide carbonique, n'a pu être amené à exhaler moins de $0^{gr},284$ entre 30 et 40 degrés. Il paraît qu'arrivé à ce point, on touche à la limite minimum de la production d'acide carbonique avec laquelle la vie soit compatible chez les tourterelles.

On voit aussi, dans le tableau n° VII, que la crécerelle à l'état d'inanition n'a exhalé, par heure à 33 degrés, qu'une bien faible proportion d'acide carbonique, $0^{gr},336$; si on compare cette quantité à celle que ce même oiseau a donnée à 3 degrés au-dessous de 0 degré, dans les conditions normales, quantité qui monte à $1^{gr},861$, on trouve le rapport de 1 à 5,5. Il est assez extraordinaire que l'on puisse modifier aussi profondément une fonction sans que la vie soit immédiatement menacée.

Cette crécerelle qui, nourrie régulièrement, avait montré, entre 28 et 29 degrés, tous les signes d'un grand malaise, puisque ses inspirations s'étaient élevées par minute à cent quatre-vingts et qu'elle avait constamment tenu son bec ouvert, a présenté au contraire, pendant l'inanition, à 33 degrés une respiration douce dont les mouvements étaient difficiles à compter; le bec est resté fermé et l'animal tranquille. Cependant il y avait encore quatre-vingt-quatorze inspirations à la minute au lieu de cinquante à soixante, nombre ordinaire.

Sa température propre s'est accrue de 2°,2 dans ce dernier cas, et de 1°,4 dans le précédent. Quant à la tourterelle, elle n'a éprouvé dans sa température que des variations légères et dans des sens différents lorsque la chaleur a été maintenue aux environs seulement de 30 degrés. Quand elle est devenue excessive, elle a résisté, autant qu'elle a pu le faire, à son envahissement. Ainsi, dans l'expérience de nuit du 15 novembre (*voir* le tableau n° VII), elle a commencé par reprendre sa température intérieure primitive; ce qui a produit 4°,3 d'augmentation dans le cloaque. En

outre, la superficie de son corps et son plumage ont absorbé aussi une quantité considérable de chaleur, ce que la main apprécie très-bien. Elle ne ressent plus cette sensation de froid que lui communique toujours, surtout la nuit, un animal inanitié.

De plus, et bien que la tourterelle ne reçût pas de boisson, elle s'est débarrassée d'une partie de la chaleur en excès par une transpiration aussi abondante que celle exhalée par un oiseau nourri régulièrement.

Le froid a abaissé la température de cet oiseau de 1°,5 dans le cloaque, et de 2°,5 sous l'aile.

La transpiration s'est maintenue toujours assez abondante dans les hautes températures. On sait cependant qu'à l'état d'inanition, cette fonction a une grande tendance à s'annihiler (*voir* le Mémoire de M. Boussingault déjà cité).

Tableau N° I. — *Acide carbonique exhalé dans la respiration des petits oiseaux à la température ambiante.*

DÉSIGNATION ET POIDS de l'oiseau.	ÉPOQUE de l'année.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	DURÉE de l'expérience.	TEMPÉRAT. de la cloche au milieu de l'expér.	ACIDE carbonique dosé.	ACIDE carbon. par heure.	CARBONE brûlé en 1 heure.	REMARQUES.
					gr.	gr.	gr.	
Serin femelle, 15gr,5....	5 août 1844	De 12h11m mat. à 1h11m s.	1h 0m	19°,5	0,264	0,264	0,072	
Id............	5 août.	De 2.21 soir à 3.21 s.	1. 0	20,5	0,253	0,253	0,069	
Id.............	6 août.	De 11.50 mat. à 1. 8 s.	1 18	19,0	0,281	0,216	0,059	
Id	20 novemb.	De 11.40 mat. à 1.10 s.	1.30	16,0	0,413	0,270	0,074	
Serin mâle..............	8 janv. 1845	De 9.26 mat. à 11.32 m.	2. 6	15,0	0,504	0,240	0,065	
Pinçon mâle, 21gr,8.....	10 mai 1844	De 12. 0 mat. à 2. 8 s.	2. 8	20,2	0,669	0,314	0,085	
Verdier mâle n° 1, 25gr,4.	17 août.	De 10.30 mat. à 3. 5 s.	5. 0	20 à 22°	1,636	0,323	0,088	
Verdier mâle n° 2, 24 gr..	3 novemb.	De 8.10 mat. à 9.10 m.	1. 0	14,0	0,302	0,302	0,082	
Verdier mâle n° 3, 26 gr..	19 août.	De 10.20 mat. à 11.31 m.	1.11	19,0	0,347	0,293	0,079	
Id.............	19 août.	De 12.37 mat. à 1.42 s.	1. 5	21,0	0,310	0,286	0,078	
Id.............	21 août.	De 1. 4 soir à 2. 4 s.	1. 0	22,0	0,285	0,285	0,078	
Moineau de montagne, 52 grammes........	19 novemb.	De 2.50 soir à 3.50 s.	1. 0	15,0	0,486	0,486	0,132	
Id.............	3 janv. 1845	De 3.20 soir à 4.55 s.	1.35	14,0	0,777	0,490	0,133	

Tableau N° II. — *Acide carbonique produit pendant la respiration des petits oiseaux sous l'influence d'une température élevée.*

DÉSIGNATION DE L'ANIMAL.	ÉPOQUE de l'année.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	DURÉE de l'expérience.	TEMPÉRAT. de l'enceinte.	ACIDE carbonique dosé.	ACIDE carb. prod. en 1 heur.	CARBONE brûlé dans 1 h.	PERTE occasionnée par la transpiration pendant l'expér.	MÊME perte dans l'espace de 1 heure.	REMARQUES.
					gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
Le serin femelle.....	12 août 1844	De 10^h21^m m. à 11^h21^m m.	$1^h\ 0^m$	39 à 42°	0,129	0,129	0,035	"	"	
Le verdier mâle n° 1	23 août.	De 1.54 s. à 3. 5 s.	1.11	30 à 33	0,302	0,257	0,070	0,526	0,444	
Id.	24 août.	De 10.50 m. à 11.50 m.	1. 0	35	0,217	0,217	0,059	0,479	0,479	
Id.	25 août.	De 11.34 m. à 12. 3 m.	0.29	40	0,094	0,195	0,053	0,475	1,017	
Id	28 août.	De 10. 8 m. à 10.45 m.	0.37	40	0,109	0,179	0,049	0,493	0,799	
Le verdier mâle n° 2.	4 novemb.	De 11.15 m. à 11.58 m.	0.43	40	0,169	0,238	0,065	0,682	0,951	Mort pend. l'expér.
Le verdier mâle n° 3	22 août.	De 11.25 m. à 12. 2 m.	0.37	37 à 40	0,187	0,303	0,082	0,700	1,135	Mort pend. l'expér.
Le verdier mâle n° 4.	27 août.	De 11.31 m. à 12. 1 m.	0.30	40	0,107	0,214	0,058	0,474	0,948	
Id.	28 août.	De 12. 3 m. à 12.32 m.	0.29	41	0,106	0,219	0,059	0,549	1,135	
Le verdier mâle n° 5.	12 novemb.	De 11.57 m. à 2.22 s.	2.25	30	0,514	0,212	0,058	0,823	0,340	
Le verdier femelle n° 7	12 août.	De 1.23 s. à 2. 5 s.	0.42	38 à 42	0,175	0,250	0,068	"	"	

Tableau N° III. — *Acide carbonique produit à 0 degré dans la respiration des petits oiseaux.*

(Le thermomètre a oscillé entre — 2 et + 2 degrés dans les expériences.)

DÉSIGNATION DE L'OISEAU.	ÉPOQUE de l'année.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	DURÉE de l'expérience	ACIDE carbonique dosé.	ACIDE carbonique par heure.	CARBONE brûlé en 1 heure.	REMARQUES.
Le serin femelle...........	8 août 1844.	De 11h31m m. à 12h31m m.	1h 0m	gr. 0,325	gr. 0,325	gr. 0,089	
Le verdier femelle n° 7.....	8 août.	De 1.45 s. à 2.46 s.	1. 0	0,479	0,479	0,130	
Le verdier mâle n° 1........	13 août.	De 11 32 m. à 4.32 s.	5. 0	2,231	0,445	0,121	
Id...................	30 août.	De 12.15 m. à 1.32 s.	1.17	0,548	0,427	0,116	
Le verdier mâle n° 4.......	16 août.	De 10.34 m. à 5.15 s.	6.41	3,217	0,481	0,131	
Le verdier mâle n° 5.......	4 novembre.	De 2.12 s. à 3.12 s	1. 0	0,389	0,389	0,106	
	18 novembre.	De 11.15 m. à 3.30 s.	4.15	1,887	0,444	0,121	
	18 novembre.	De 3.30 s. à 7.42 s.	4.12	1,261	0,300	0,081	

Tableau N° IV. — *Transpiration des petits oiseaux dans les conditions ordinaires de température.*

DÉSIGNATION ET POIDS de l'oiseau.	ÉPOQUE de l'année.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	DURÉE de l'expérience	TEMPÉRATURE de l'air ambiant.	PERTE éprouvée par les transpirat. pulmon. et cutanée pendant l'expér.	MÊME perte dans l'espace de 1 h.	REMARQUES.
Le verdier n° 1.	23 août 1844.	De $10^h\ 3^m$ m. à $11^h 13^m$ m.	$1^h\ 9^m$	17,6 à 18°,6	gr. 0,176	gr. 0,152	
Id............	26 août.	De 9.46 m. à 10.53 m.	1. 7	16,8 à 18	0,189	0,169	
Id................	28 août.	De 8.53 m. à 10. 8 m.	1.15	16,7 à 18,5	0,254	0,203	
Id................	30 août.	De 10.13 m. à 12.13 m.	2. 0	19 à 20,5	0,558	0,279	
Id................	6 septembre.	De 9.30 m. à 3.45 s.	6.15	19 à 20,4	1,072	"	
Id................	24 août.	De 9.28 m. à 10.49 m.	1.21	18,4 à 19	0,199	0,147	
Le verdier mâle n° 4, 24 gr.	24 août.	De 12.50 m. à 1.50 s.	1. 0	20,5	0,267	0,267	
Id................	27 août.	De 10. 4 m. à 11.29 m.	1.25	17 à 18	0,224	0,158	
Id................	28 août.	De 10.27 m. à 12. 2 m.	1.35	18	0,277	0,175	
Le verdier mâle n° 5, 25 gr.	20 novembre.	De 10. 0 m. à 11. 7 m.	1. 7	13	0,433	0,387	
Le verdier mâle n° 6.......	22 août.	De 10. 0 m. à 10.57 m.	0.57	18	0,481	0,506	
Le moineau de montagne...	19 novembre.	De 2.50 s. à 3.50 s.	1. 0	15	0,338	0,338	

Tableau N° V. — *Acide carbonique exhalé dans la respiration des oiseaux dont le poids s'élève de 130 grammes à 200 grammes, sous l'influence des diverses températures.*

DÉSIGNATION ET POIDS de l'oiseau.	ÉPOQUE de l'année.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	DURÉE de l'expér.	TEMPÉRATURE de l'enceinte.	ACIDE carbonique dosé.	ACIDE CO^2 par heure.	CARBONE brûlé en 1 h.	PERTE éprouvée par les deux transpirations pend. l'expér	PERTE éprouvée par les deux transp. dans l'espace de 1 h.	TEMPÉRATURE propre de l'animal, au commenc. de l'exp.	à la fin de l'expérience.	REMARQUES.
Acide carbonique exhalé à la température ambiante.												
		h. m. s. h. m.	h. m. s.		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.			
Tourterelle mâle n° 1, 185 grammes.....	1844. 27 févr.					0,850	0,232	"	"	"	"	
Tourterelle mâle n° 2, 157 grammes....	27 juill.	De 11.30.0 m. à 12.50 m	1.20. 0	20°	1,042	0,781	0,213	"	"	"	"	
Id............	2 août.	De 10.35.0 m. à 11.43 m	1. 8. 0	21	1,865	0,763	0,208	"	"	"	"	
Tourterelle n° 6, 142gr,3..........	31 juill.	De 11. 0.0 m. à 12.10 m	1.10. 0	19	0,700	0,600	0,164	"	"	"	"	
Id............	1 août.	De 10.47.30 m. à 11.54 m	1. 6.30	20	0,556	0,501	0,136	"	"	"	"	
Id............	2 août.	De 1.40.0 s. à 2 45 s.	1. 5. 0	21	0,583	0,538	0,147	"	"	"	"	
Id............	1845. 21 févr.	De 1.57.0 s. à 3.51.30	1.54.30	15	1,306	0,684	0,186	0,609	0,318	"	"	
Une crécerelle, 194 gr.	1844. 29 nov.	De 3.30.0 s. à 4.30 s.	1. 0. 0	12	0,946	0,946	0,258	"	"	"	"	Les trois prem. expér. ont été faites sur la crécerelle au sortir d'une abstinence complète qui avait duré trois jours. Dans cettte circonstance, l'acide carbonique produit est un peu plus élevé qu'à l'état ordinaire. L'expérience du 22 février est tout à fait régulière. L'animal était rendu depuis longtemps à son régime habituel.
Id............	6 déc.	De 3.51.0 m. à 4.36 s.	0.45. 0	17	0,697	0,923	0,251	"	"	"	"	
Id............	7 déc.	De 1.16.0 s. à 3.00 s.	1.44. 0	17	1,641	0,947	0,258	"	"	"	"	
Id............	1845. 22 févr.	De 9.41.0 m. à 11 46 m	2. 5. 0	18	1,888	0,906	0,247	"	"	"	"	
Une tourterelle adulte, des pays chauds, de petite espèce, du poids de 66 gram..	1844. 1 nov.	De 8 52.0 m. à 9.57 m	1. 5. 0	15°,5	0,360	0,332	0,091	0,204	0,189	"	"	

Suite du tableau N° V.— *Acide carbonique exhalé dans la respiration des oiseaux dont le poids s'élève de* 130 *grammes à* 200 *grammes, sous l'influence des diverses températures.*

DÉSIGNATION ET POIDS de l'oiseau.	ÉPOQUE de l'année.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	DURÉE de l'expér.	TEMPÉRATURE de l'enceinte.	ACIDE carbonique dosé.	ACIDE CO^2 par heure.	CARBONE brûlé en 1 h.	PERTE éprouvée par les deux transpirations pend. l'expér	PERTE éprouvée par les deux transp. dans l'espace de 1 h.	TEMPÉRATURE propre de l'animal, au commenc. de l'exp.	TEMPÉRATURE propre de l'animal, à la fin de l'expérience.	REMARQUES.
Acide carbonique exhalé à une température élevée.												
	1844.	h. m. h. m.	h. m.		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.			
Tourterelle n° 1.....	2 nov.	De 9.18 m. à 9.38 m.	0.20	40 à 43°	0,211	0,633	0,172	"	"	42°,3 sous l'aile.	45°,5 sous l'aile.	
Tourterelle mâle n° 3.	2 nov.	De 3.40 s. à 4. 5 s.	0.25	40 à 43	0,323	0,775	0,211	"	"			
Tourterelle femelle n° 4, 130 grammes	14 nov.	De 11. 3 m. à 12. 8 m.	1. 5	33 à 36	0,410	0,378	0,103	1,003	0,925	41 ,5 cloaq.	43 ,0 cloaq.	
Tourterelle mâle n° 5, 163 grammes.....	13 nov.	De 10.49 m. à 12.55 m	2. 6	30	0,919	0,438	0,119	1,280	0,609	43 ,0 cloaq.	42 ,7 cloaq.	
	1845.											
Tourterelle n° 6	20 févr.	De 9.56 m. à 10.56 m.	1. 0	36	0,336	0,336	0,091	1,10	1,10	"	"	
La crécerelle........	22 févr.	De 3.14 s. à 4. 0 s.	0.46	28 à 29	0,436	0,569	0,146	1,00	1,30	40 ,3	41 ,7	Les inspirations se sont élevées à 170 et 180 degrés par minute.
Tourterelle de petite espèce, 66 grammes	1844. 1 nov.	De 2.47 s. à 3.45 s.	0.58	37 à 40	0,178	0,184	0,041	0,336	0,347	"	"	
Id...........	8 nov.	De 10.34 m. à 12.47 m.	2.13	30	0,312	0,141	0,039	0,440	0,200	"	"	
Id...........	11 nov.	De 11.10 m. à 2.43 s.	3.33	30 à 33	0,505	0,142	0,039	1,085	0,305	"	"	

Suite et fin du tableau N° V. — *Acide carbonique exhalé dans la respiration des oiseaux dont le poids s'élève de 130 grammes, à 200 grammes sous l'influence des diverses températures.*

DÉSIGNATION ET POIDS de l'oiseau.	ÉPOQUE de l'année.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	DURÉE de l'expér.	TEMPÉRATURE de l'enceinte.	ACIDE carbonique dosé.	ACIDE CO^2 par heure.	CARBONE brûlé en 1 h.	PERTE éprouvée par les deux transpirations pend. l'expér	PERTE éprouvée par les deux transp. dans l'espace de 1 h.	TEMPÉRATURE propre de l'animal, au commenc. de l'exp.	TEMPÉRATURE propre de l'animal, à la fin de l'expérience.	REMARQUES.
Acide carbonique exhalé à une température basse.												
	1844.	h. m. h. m.	h. m.		gr.	gr.	gr.					
Tourterelle n° 1...	30. oct.	De 2.54 s. à 4.25 s.	1.31	—2 à +2°	1,697	1,119	0,305	"	"	42°,5 sous l'aile.	42°,0 sous l'aile.	
Id..........	31 oct.	De 9. 4 m. à 10.42 m.	1.38	—2 à +2	1,825	1,117	0,305	"	"	42, 5 sous l'aile.	41,75 sous l'aile.	
Tourterelle n° 2...	9 août.	De 12.11 m. à 1.11 s.	1. 0	— 3 à 0	1,581	1,581	0,431	"	"	"	"	Bien portante.
Id..........	31 oct.	De 1.20 s. à 2.20 s.	1. 0	— 3 à 0	0,948	0,948	0,258	"	"	"	"	En voie rapide de dépérissement.
	1845.											
Tourterelle n° 6...	20 févr.	De 12.30 m. à 2. 1 s.	1.31	— 5	1,479	0,974	0,265	"	"	"	"	
La crécerelle......	21 févr.	De 10.20 m. à 12. 1 m.	1.41	— 3	3,132	1,861	0,508	"	"	"	"	
Id..........	23 févr.	De 1.12 m. à 2.12 s.	1. 0	0	1,360	1,360	0,370	"	"	41,1	40,9	
Tourterelle de petite espèce, 66 gr.	1844. 1 nov.	De 11.12 m. à 1.12 s.	1.20	0	0,490	0,368	0,100	"	"	"	"	

Tableau N° VI. — *Acide carbonique produit dans la* [illegible]

DÉSIGNATION ET POIDS de l'animal.	ÉPOQUE de l'année.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	DURÉE de l'expér.	TEMPÉRATURE de l'enceinte.	ACIDE CO^2 dosé.	ACIDE CO^2 par heure.	CARBONE brûlé dans 1 h.	TEMPÉRATURE propre de l'anim. prise dans le rectum, au comm. de l'exp.	à la fin de l'exp.	REMARQUES.
		Acide carbonique exhalé à la température ambiante.								
			h. m. s.		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
Cochon d'Inde mâle n° 1, adulte, 790 grammes..	1844. 6 nov.	De 4h 0m s. à 5h 0m 0s s.	1. 0. 0	16°	2,058	2,058	0,561	"	"	
Cochon d'Inde femelle, n° 2, 613 grammes....	24 févr.	De 9.48 m. à 11 29.30 m.	1.41.30	19	2,537	1,500	0,409	"	"	
Deux souris adultes, pesant ensemble 29gr,8...	19 févr.	De 9.16 m. à 10.38. 0 m.	1.22. 0	16	0,681	0,498	0,135	"	"	
		Acide carbonique exhalé à une température élevée.								
Cochon d'Inde n° 1......	6 nov.	De 1.46 m. à 2.31. 0 s.	0,45. 0	30	1,066	1,434	0,391	36°,5	37°,5	
Id..............	10 nov.	De 9.40 m. à 11.40. 0 m.	2. 0. 0	30 à 32°	2,946	1,473	0,401	37 ,8	40 ,8	
Cochon d'Inde n° 2	1845. 24 févr.	De 2.48 s. à 3.48. 0 s.	1. 0. 0	37	1,534	1,534	0,418	37 ,6	43 ,1	Mort pendant l'expérience.
Cochon d'Inde mâle n° 3, pesant 750 grammes...	1844. 7 nov.	De 1.52 s. à 2.24. 0 s.	0.32. 0	40	0,883	1,655	0,451	35 ,5	38 ,5	Mort à la suite de l'expérience.
Deux souris...........	1845. 18 févr.	De 9.27 m. à 10.47. 0 m.	1.20. 0	37	0,358	0,268	0,073	"	"	
		Acide carbonique exhalé à une température basse.								
Cochon d'Inde n° 1......	1844. 7 nov.	De 9. 3 m. à 10. 3. 0 m.	1. 0. 0	0°	3,006	3,006	0,819	35°,7	32°,0	
Cochon d'Inde n° 2.. ...	1845. 23 févr.	De 10. 1 m. à 11 42.30 m.	1.41.30	0	3,809	2,251	0,614	37 ,5	34 ,0	
Cochon d'Inde n° 3......	1844. 6 nov.	De 10. 7 m. à 11.28. 0 m.	1.21. 0	0	3,183	2,357	0,643	"	"	
Deux souris.............	17 févr.	De 10.55 m. à 1.11. 0 m.	2.16. 0	— 5	1,206	0,531	0,145	"	"	

Tableau N° VII. — *Acide carbonique produit à l'état d'inanition par une tourterelle et une crécerelle aux diverses températures.*

DÉSIGNATION de l'animal.	ÉPOQUE de l'année.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	DURÉE de l'exp.	TEMPÉRATURE de l'enceinte	ACIDE carbonique dosé.	ACIDE carbonique par heure.	CARBONE brûlé en 1 heur.	EAU perdue par la transpiration pend. l'exp.	EAU perdue par la transpiration dans 1 heur.	TEMPÉRATURE propre de l'animal, au commenc. de l'exp.	TEMPÉRATURE propre de l'animal, à la fin de l'expér.	REMARQUES.
Acide CO² exhalé à la température ambiante.												
	1844.	h m. h. m.	h. m.		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.			
La crécerelle.....	27 nov.	De 2.24 s. à 3.44 s.	1.20	13°	1,050	0,788	0,215	0,313	0,234	40°,6	41°,9	Après deux jours d'inanition pendant le jour.
	27 nov.	De 7.42 s. à 9.17 s	1.35	11,5	0,829	0,524	0,143	0,590	0,370	39 ,7	39 ,5	Après deux jours et qq. heures d'inanit. La nuit.
	28 nov.	De 8.30 m. à 10. 0 m.	1.30	10	0,985	1,657	0,179	0,231	0,150	40 ,5	41 ,7	Après trois jours d'inan. au commen. de la journée.
Acide CO² exhalé à une température élevée.												
Même tourterelle que celle portant précédemment le n° 5.........	14 nov.	De 2. 5 s. à 3.36 s.	1.31	30 à 33°	0,582	0,372	0,101	0,931	0,613	43°,3 cloaq.	42°,7 cloaq.	De jour. Après vingt-quatre heures d'inanition.
	15 nov.	De 10.32 m. à 11.32 m.	1. 0	35	0,331	0,331	0,090	1,090	1,090	42 ,8 cloaq.	43 ,3 cloaq.	De jour. Après deux jours d'inanition.
	15 nov.	De 7.38 s. à 8.41 s.	1. 3	37	0,309	0,294	0,079	0,986	0,938	39 ,0 cloaq.	43 ,3 cloaq.	De nuit. Après deux jours et quelq. heures d'inanit.
	17 nov.	De 10.33 m. à 11.38 m.	1. 5	33	0,305	0,281	0,077	0,872	0,805	42 ,4 cloaq.	41 ,4 cloaq.	De jour. Après quatre jours d'inanition.
	1845.											
La crécerelle......	25 févr.	De 9.51 m. à 12.10 m.	2.19	33	0,779	0,336	0,091	1,520	0,660	39 ,7 cloaq.	41 ,9 cloaq.	De jour. Après quarante-quatre heures d'inanition.
Acide carbonique exhalé à une température basse.												
	1844.											
La même tourterelle	16 nov.	De 11.25 m. à 1. 0 s.	1 35	—2 à +2°	1,032	0,652	0,178	"	"	42°,7 cloaq.	41°,2 cloaq.	De jour. Après trois jours d'inanition.
Id..........	16 nov.	De 7.44 s. à 9. 4 s.	1.20	0°	0,880	0,660	0,180	"	"	39 ,4 cloaq. 38 ,0	38 ,6 cloaq. 37 ,5	De nuit. Après trois jours et quelq. heures d'inanit.

OBSERVATIONS SUR LE MÉMOIRE DE M. BRACONNOT, RELATIF A L'INFLUENCE DU SEL SUR LA VÉGÉTATION;

PAR M. SOYER-VILLEMET (1).

La question du sel appliquée à l'agriculture est d'une grande importance, et peut être considérée sous deux points de vue : 1° l'action du sel sur l'alimentation des animaux, avouée maintenant par tous ceux qui s'occupent de l'éducation du bétail; 2° son action sur la végétation qui, quoique paraissant favorable, a encore besoin d'être éclairée par une saine expérience.

Déjà un de nos plus illustres compatriotes, par de fausses conséquences tirées d'un seul essai fait en petit, a pesé de tout le poids de sa grande réputation sur la première partie de la question.

Je craindrais que le nom justement célèbre de M. Braconnot n'imposât aux esprits irréfléchis; que, d'une part, il n'arrêtât les expériences que nous réclamons, et de l'autre, qu'il ne fût, comme celui de M. de Dombasle, une arme dont on se servirait pour repousser tout dégrèvement de l'impôt.

Je dis les *esprits irréfléchis*, car tout homme qui lira avec attention le Mémoire de M. Braconnot reconnaîtra que, la proportion de sel qu'il a employée étant trop forte, son expérience n'apprend rien, puisqu'on sait depuis longtemps que le sel à trop grande dose nuit à la végétation.

En effet, notre confrère a employé 1 gramme et même 2 grammes de sel sur 7 hectogrammes de terre desséchée. J'ai dû chercher quelle proportion cela donnerait pour 1 hectare.

Il fallait d'abord établir le poids d'un hectare de sol

(1) Voyez *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome XIII, page 115.

cultivé : 1 hectare ou 10 000 mètres carrés, à 2 décimètres de profondeur (terme moyen), donne 2 000 mètres cubes = 2 000 000 de décimètres cubes ou litres. Or, un litre de terre de jardin, plutôt légère que forte, m'a donné 1 320 grammes (poids de l'hectare : $1\,320 \times 2\,000\,000 = 2\,640\,000$ kilogrammes), lesquels 1 320 grammes, desséchés comme dans l'expérience de M. Braconnot, n'ont plus pesé que 1 050 grammes ; ce qui réduit le poids de l'hectare à 2 100 000 kilogrammes.

La proportion était donc : $700 : t :: 2\,100\,000 : x = 3\,000$ kilogrammes.

A 1 gramme pour 7 hectogrammes, c'est donc comme si M. Braconnot avait mis 3 000 kilogrammes de sel sur 1 hectare ; et à 2 grammes, c'est comme s'il en avait mis 6 000. Or, dans les expériences que rapporte la *Maison rustique du* XIXe *siècle*, tome Ier, page 77, on n'indique que 300 kilogrammes par hectare pour les céréales, et 150 seulement pour les légumineuses. Si M. Braconnot voulait répéter ces expériences, il n'aurait donc dû mettre dans sa terre que 5 centigrammes ou tout au plus 1 décigramme de sel.

De ce que des aliments dans lesquels on mettrait vingt fois plus de sel que la dose convenable nuiraient à la santé, faudrait-il en tirer des conséquences contre l'emploi de cet utile condiment ?

Le Mémoire de M. Braconnot prouve seulement, je le répète, que le sel à haute dose nuit à la végétation ; c'est, comme il l'a fort bien rappelé, ce qu'on sait depuis longtemps. Plus d'une localité de notre département nous montre l'exemple dans nos marais salins ; mais, ainsi que l'a dit M. Beaupré, s'il est vrai que peu de plantes peuvent vivre là où la source paraît à la surface de la terre, on voit, à une certaine distance où l'influence du sol est encore sensible, se montrer la plus belle végétation de la prairie.

Notre confrère M. Monnier me cite le fait suivant : La

campagne de Burthecourt, appartenant à M. Thouvenel et située sur les bords de la Seille, était très-humide, parce que les terrains y étaient continuellement affleurés par cette rivière, encombrées de boues et de roseaux. La végétation y était fort belle, et les prairies, quoique contenant quelques plantes des marais salins, étaient excellentes et donnaient de très-abondantes récoltes. Afin d'éviter les débordements, on a curé et redressé le lit de la Seille. Eh bien, depuis cette opération, les prairies ont beaucoup diminué de produits; la salicorne, l'*Aster tripolinus* et autres plantes analogues tendent à remplacer les graminées; les arbres mêmes y périssent. S'il n'est pas douteux que le sel, qui s'est alors trouvé dominant, a causé tous ces accidents, il ne l'est pas moins qu'affaibli par la présence des eaux, il avait sur la végétation un résultat favorable, ou du moins qui était loin d'être nuisible.

Au reste, mon but n'est pas de prouver l'utilité du sel comme stimulant de la végétation: la qualité supérieure des prés des bords de la mer, l'emploi très-favorable comme engrais des plantes marines et des résidus des mines de sel d'Allemagne et de Pologne, l'usage immémorial en Provence de répandre du sel au pied des oliviers, et mille autres faits semblent le prouver; et on peut citer en faveur de cette opinion les autorités les plus respectables, telles que François Bacon, Bernard Palissy, l'abbé Rozier, Arthur Young, Humphry Davy, John Sainclair, Thaer, Chaptal, et, de nos jours, MM. Pavis, de Gasparin, Lecoq de Mont-Ferrand, etc. Il faut consulter à cet égard l'excellent travail de mon honorable confrère de la Société d'Agriculture, M. Pautier, ancien chef d'institution à Roville, travail présenté au conseil général du département dans sa dernière session et inséré dans le *Bon Cultivateur de* 1845. Je me bornerai à signaler un fait qu'il n'a connu que depuis et qu'il a communiqué dernièrement à la Société d'Agriculture. La Société d'Horticulture de Berlin avait

proposé un prix pour la recherche des divers amendements et engrais les plus propres à augmenter la production des arbres fruitiers. Parmi les concurrents qui se sont présentés, il s'en trouve un qui, appuyé sur les résultats de quinze années d'expériences, déclare avoir constaté que, pour le but indiqué, le sel gris a constamment surpassé en efficacité toutes les espèces de compostes et d'engrais qu'il a pu employer et dont il donne l'énumération. La meilleure pratique que l'expérience lui ait enseignée consiste à répandre, vers le commencement d'octobre, du sel commun sur le sol qui entoure l'arbre, aussi loin que s'étendent les branches, et de manière que la terre en soit entièrement saupoudrée. S'il faut croire le rapporteur de la Société d'Horticulture de Berlin, les résultats de cette pratique seraient vraiment surprenants et de beaucoup supérieurs à ce qu'on peut obtenir au moyen des engrais considérés jusqu'alors comme les plus fertilisants.

Depuis très-longtemps, les Anglais poursuivent des expériences en grand relativement à l'action du sel sur les terres arables, et le gouvernement, après avoir réduit des deux tiers l'impôt sur le sel, livre encore à meilleur marché à l'agriculture celui dont elle a besoin, après l'avoir dénaturé au moyen de la suie. Aussi, en moins de dix années, la consommation s'en est-elle sextuplée en Angleterre; de sorte que le fisc, au lieu de perdre à cette réduction, y a gagné à peu près 100 pour 100.

La Société centrale d'Agriculture de Nancy, qui comprend toute l'importance de la question du sel, voudrait engager les cultivateurs français à suivre l'Angleterre dans ses utiles investigations; mais l'énormité de l'impôt est un obstacle à ce qu'il serait indispensable de faire dans cette circonstance, car on sent bien que ce n'est pas avec 7 hectogrammes de terre qu'une telle question peut être décidée. Il faut que les expériences soient nombreuses; il faut qu'elles soient tentées sur une grande échelle et sur toute espèce de

terrains. Observons, en outre, qu'il est des influences que le temps et l'atmosphère se chargent d'exercer, et qui ne se présentent pas dans les essais auxquels s'est livré notre savant confrère. Par exemple, on vient de voir qu'à Berlin, c'est en automne qu'on applique le sel comme engrais des arbres fruitiers, et les Anglais ont reconnu qu'il est nécessaire, pour en obtenir de bons résultats sur les terres arables, de le bien mélanger au sol, avant la semaille, au moyen de plusieurs labours et cultures successives. Et, d'ailleurs, M. Braconnot n'a-t-il pas pris lui-même la peine de nous fournir des arguments contre son Mémoire, en nous rappelant que le sel à petite dose favorise la décomposition des matières animales et végétales? N'est-ce donc rien que cette action propice à l'alimentation des plantes (action éliminée de son expérience), et ne suffirait-elle pas pour expliquer l'influence favorable du sel sur la végétation?

La Société d'Agriculture de Nancy appelle donc de tout son pouvoir des expériences concluantes, et, pour les favoriser, elle demande au Gouvernement de livrer à toutes les Sociétés du royaume, et à bas prix, une certaine quantité de sel qui aurait été préalablement dénaturé par un moyen quelconque.

Mais c'est précisément là qu'est la difficulté. Si l'on a cru longtemps que le mélange avec la suie était pour cela un procédé inattaquable, la chimie a fait trop de progrès pour ne pas fournir aujourd'hui dans les campagnes l'instruction nécessaire pour déjouer de si faibles précautions.

Il appartient cependant à cette science de venir au secours de l'agriculture. Je conjure donc M. Braconnot, au lieu de paralyser les louables efforts d'une Société qui le compte avec orgueil au nombre de ses membres, et de décourager les expérimentateurs par une opinion basée sur des essais insuffisants; je le conjure, dis-je, d'employer son admirable talent à la recherche des moyens de livrer aux cultiva-

teurs, sans qu'ils puissent abuser de cette condescendance, le sel dont ils ont besoin, soit pour l'alimentation du bétail, soit pour l'engrais des terres. Le fisc, alors, n'aurait plus de motifs pour se refuser aux instances de l'agriculture, et la nouvelle découverte de M. Braconnot, lui qui en a déjà fait de si importantes, serait peut-être le plus grand service qu'il aurait rendu à l'humanité.

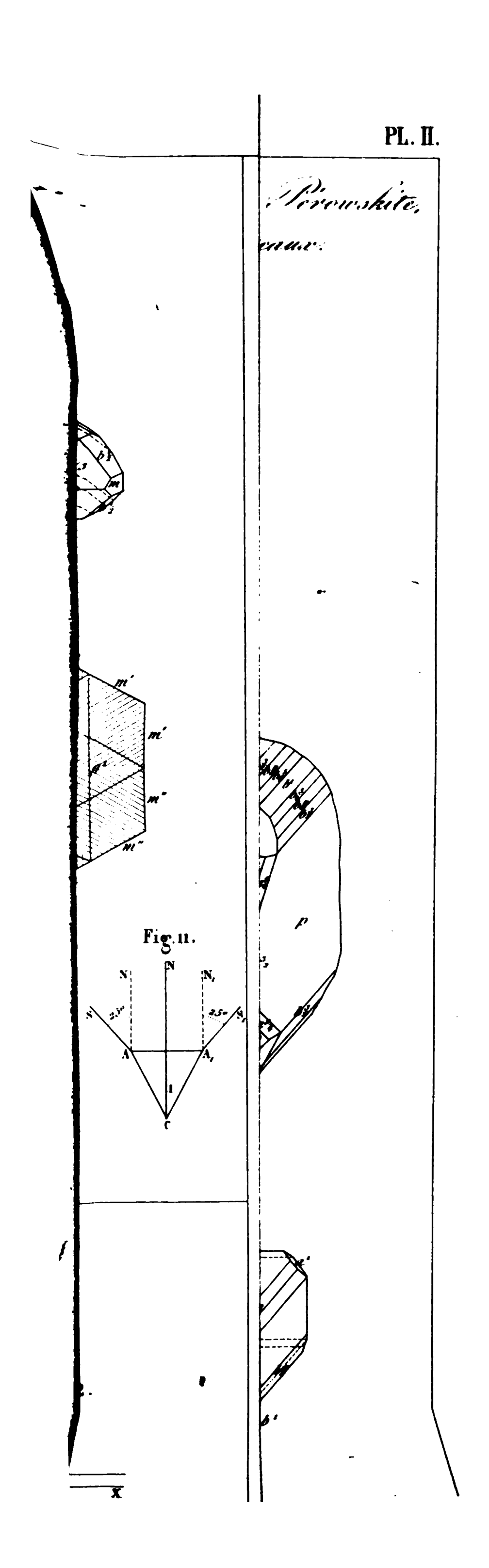
SUR LA SOLUBILITÉ DES FLUIDES ÉLASTIQUES;

Par M. GAY-LUSSAC.

A la suite d'une discussion sur les mêmes corps considérés à l'état amorphe et à l'état cristallin (*Annales de Chimie et de Physique,* 3e série, tome VII, page 113), j'avais cité la dissolubilité du chlore dans l'eau à diverses températures, telle qu'on la prend ordinairement, et je l'avais appelée *dissolubilité apparente,* parce que l'on ne faisait pas ordinairement la correction due au mélange de la vapeur aqueuse avec le fluide élastique. On conçoit, en effet, qu'en supposant P égal à la pression atmosphérique, et f la force élastique de la vapeur aqueuse à la température de la dissolution, le chlore en excès qui s'échappe de cette dernière n'exerce plus une pression égale à P, mais seulement à $P - f$, et que conséquemment la dissolution ne s'opère que sous cette même pression. Il faut donc, après avoir déterminé le volume de chlore V qui s'est dissous dans l'eau sous la pression atmosphérique P, le multiplier par $\frac{P}{P - f}$. Cela est évident pour tous les fluides élastiques qui se mêlent avec la vapeur aqueuse comme s'ils étaient indifférents l'un par rapport à l'autre. Cependant, ayant eu occasion de revoir la Note citée, j'ai reconnu aussitôt, et non sans surprise, que j'avais exprimé la solubilité du chlore, corrigée de la vapeur aqueuse, par $V \times \frac{P}{f}$. C'est assurément une grande inadvertance, et je m'empresse d'en avertir. Voici, pour le chlore, les nombres qui expriment sa solubilité corrigée.

TEMPÉRATURE.	SOLUBILITÉ apparente. $P = 0^m,760$.	SOLUBILITÉ corrigée.
degré.	volume.	volume.
0	1,43	1,44
3	1,52	1,53
6,5	2,08	2,10
7	2,17	2,19
8	3,04	3,07
10	3,00	3,04
17	2,37	2,42
35	1,61	1,70
50	1,19	1,34
70	0,71	1,02
100	0,15	"

La solubilité apparente $0^{vol.},15$, trouvée à 100 degrés, ferait croire que la supposition admise d'une indifférence entre le chlore et la vapeur d'eau n'est pas tout à fait exacte, ou que la solubilité elle-même $0^{vol.},15$ ne l'est pas; car, d'après l'indifférence admise entre les deux fluides élastiques, cette solubilité devrait être égale à zéro. Des expériences ultérieures dissiperont cette incertitude. En attendant, et malgré la correction dont je viens de parler, on peut admettre que la solubilité des fluides élastiques diminue beaucoup à mesure que la température s'élève, et que l'accroissement d'élasticité qu'ils éprouvent en est sûrement la principale cause.


Fig. 11.
N
N
N,
S
S,
25°
25°
A
A,
I
C
m'
m"
p
x

PL. IV.

F

i'

Rutile

oizeaux.

h
h²
h²
a

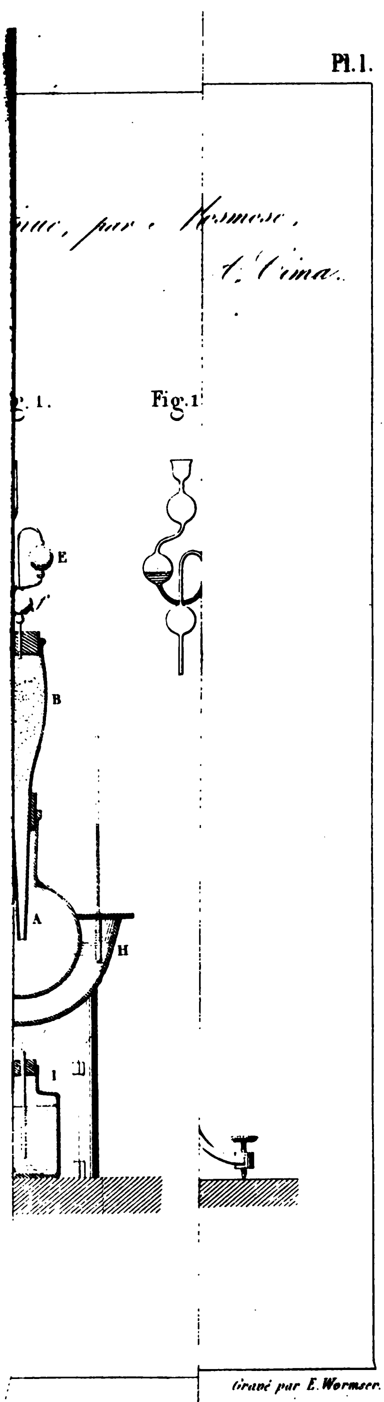
m m

Gravé par E. Wormser.

PLANCHES.

FIN DE LA TABLE DU TOME TREIZIÈME.

IMPRIMERIE DE BACHELIER,
Rue du Jardinet, n° 12.



Gravé par E. Wormser.

